

VOLUME III

3ª COMUNICAÇÃO NACIONAL DO BRASIL À CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA



VOLUME III

3ª COMUNICAÇÃO NACIONAL DO BRASIL À CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento
Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima
Brasília
2016

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

PRESIDENTE DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

DILMA VANA ROUSSEFF

MINISTRO DE ESTADO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

CELSO PANSERA

SECRETÁRIA EXECUTIVA

EMÍLIA MARIA SILVA RIBEIRO CURI

SECRETÁRIO DE POLÍTICAS E PROGRAMAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

JAILSON BITTENCOURT DE ANDRADE

COORDENADOR-GERAL DE MUDANÇAS GLOBAIS DE CLIMA

MÁRCIO ROJAS DA CRUZ

EQUIPE TÉCNICA DO MCTI

DIRETOR DA TERCEIRA COMUNICAÇÃO NACIONAL
MÁRCIO ROJAS DA CRUZ

COORDENADORA DA TERCEIRA COMUNICAÇÃO NACIONAL
MARCELA CRISTINA ROSAS ABOIM RAPOSO

COORDENADOR TÉCNICO DO TERCEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES ANTRÓPICAS POR FONTES E REMOÇÕES POR SUMIDOUROS DE GASES DE EFEITO ESTUFA
EDUARDO DELGADO ASSAD

COORDENADOR TÉCNICO DOS ESTUDOS DE MODELAGEM CLIMÁTICA E DE VULNERABILIDADES E ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA EM SETORES-CHAVE
JOSE ANTONIO MARENGO ORSINI

SUPERVISORES DA TERCEIRA COMUNICAÇÃO NACIONAL
BRENO SIMONINI TEIXEIRA
DANIELLY GODIVA SANTANA MOLLETA
MAURO MEIRELLES DE OLIVEIRA SANTOS

ANALISTAS TÉCNICOS DA TERCEIRA COMUNICAÇÃO NACIONAL
CINTIA MARA MIRANDA DIAS
GISELLE PARNO GUIMARÃES
JULIANA SIMÕES SPERANZA
RENATA PATRICIA SOARES GRISOLI

EQUIPE TÉCNICA
ANDRÉA NASCIMENTO DE ARAÚJO
ANNA BEATRIZ DE ARAÚJO ALMEIDA
GUSTAVO LUEDEMANN
JERÔNIMA DE SOUZA DAMASCENO
LIDIANE ROCHA DE OLIVEIRA MELO
MOEMA VIEIRA GOMES CORRÊA
RICARDO ROCHA PAVAN DA SILVA
RICARDO VIEIRA ARAUJO
SANDERSON ALBERTO MEDEIROS LEITÃO
SONIA REGINA MUDROVITSCH DE BITTENCOURT
SUSANNA ERICA BUSCH
VICTOR BERNARDES

ASSISTENTE DA TERCEIRA COMUNICAÇÃO NACIONAL
MARIA DO SOCORRO DA SILVA LIMA

EQUIPE ADMINISTRATIVA
ANA CAROLINA PINHEIRO DA SILVA
ANDRÉA ROBERTA DOS SANTOS CAMPOS
RICARDO MORÃO ALVES DA COSTA

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

ESPLANADA DOS MINISTÉRIOS, BLOCO E

TELEFONE: 55 (61) 2033-7923

PÁGINA ELETRÔNICA: http://www.mcti.gov.br

CEP: 70.067-900 – Brasília – DF

B823t Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima.

Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Volume III/ Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016.

336 p.: il.

ISBN: 978-85-88063-19-8

1. Mudanças Climáticas. 2. Convenção do Clima. 3. Comunicação Nacional. I. Título.

CDU 551.583

COORDENADORES TÉCNICOS DO TERCEIRO INVENTÁRIO

Emilio Lèbre La Rovere e Carolina Burle Schmidt Dubeux – *Setor Energia*

João Wagner Silva Alves – *Setor Tratamento de Resíduos*

Mauro Meirelles de Oliveira Santos – *Setor Processos Industriais*

Mercedes Maria da Cunha Bustamante – *Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Floresta*

Renato de Aragão Ribeiro Rodrigues – *Setor Agropecuária*

AUTORES

Adriana dos Santos Siqueira Scolastrici

Alberto Arruda Villela

Alexandre Berndt

Alexandre Rodrigues Filizola

Amanda Prudêncio Lemes

Amaro Olímpio Pereira Jr.

Ana Paula Contador Packer

Ana Paula Dutra de Aguiar

Anderson do Nascimento Dias

Bruna Cordeiro

Bruno Arantes Caldeira da Silva

Bruno José Rodrigues Alves

Carolina Monteiro de Carvalho

Cimelio Bayer

Claudia do Valle Costa

Cristiano Viana Serra Villa

Daniel Oberling

Elton César de Carvalho

Fernando Luiz Zancan

Flora da Silva Ramos Vieira Martins

Gustavo Abreu Malaguti

Iracema Alves Manoel Degaspari

Isabella da Fonseca Zicarelli

Jean Pierre Henry Balbaud Ometto

Julia Zanin Shimbo

Larissa Albino da Silva Santos

Laura Alexandra Romero

Leandro Fagundes
Leandro Sannomiya Sakamoto
Leonardo da Silva Ribeiro
Luan Santos
Luciane Garavaglia
Luiza Di Beo Oliveira
Magda Aparecida de Lima
Marcelo Buzzatti
Márcio Zanuz
Marcos Corrêa Neves
Maria Conceição Peres Young Pessoa
Mariana Pedrosa Gonzalez
Mariana Weiss de Abreu
Michele Karina Cotta Walter
Nilza Patrícia Ramos
Obdulio Diego Fanti
Patricia Turano de Carvalho
Paulo W. Pinto da Cunha
Pedro Valle de Carvalho e Oliveira
Raymundo Moniz de Aragão Neto
Roberta Zecchini Cantinho
Roberto de Aguiar Peixoto
Rodrigo Pacheco Ribas
Sonia Maria Manso Vieira
Talita Armborst
Thauan Santos
Thiago de Roure Bandeira de Mello
Tiago Zschornack
Viviane A. Alves Vilela
Walkyria Bueno Scivittaro
William Wills

COLABORADORES

Ademir Fontana

Ademir Rodrigo F. V. B. de Lima Amaro

Alessandra Fidelis

Aline Rocha Silva

Alison Leme dos Santos

Ana Catarine Franzini de Souza

Ana Paula Dalla Corte

Anderson Dias Silveira

Anderson Rodrigues Perez

Andrea Daleffi Scheide

Andreza Nogueira Leite

Antonio Florido

Arnildo Pott

Beata Emoki Madari

Beatriz Marimon

Ben Hur Marimon

Bruna Patrícia de Oliveira

Camila Isaac França

Carla Cabral Gonzalez

Carlos Alberto Flores

Carlos R. Sanquetta

Carmen Brandão Reis

Cauê Gustavo Lopes

Célia Regina Pandolphi Pereira

Ciniro Costa Junior

Claudia Pozzi Jantalia

Clotilde Pinheiro Ferri dos Santos

Daielle Silva do Amaral Faria

Daniel Costa Stockler Maia

Daniel Vieira

Daniella Flávia Villas Boas

Danilo Rocco Pettinati

Dayane de Carvalho Oliveira

Diane Pereira da Silva

Edson Sano

Eduardo Alves da Cunha

Eduardo Felipe Marcelino Bastos
Eduardo Shimabokuro
Elaine Cristina Cardoso Fidalgo
Eliana Kimoto Hosokawa
Eliza R. G. M. Albuquerque
Eloisa Aparecida Belleza Ferreira
Elza Maria da Silveira Ramos
Erika Caitano da Silva
Euler Melo Nogueira
Everardo Valadares de Sá B. Sampaio
Fabiana Aparecida Souza Silva
Fabiana Cristina de Oliveira Santos
Felippe Neri de Almeida
Fernanda Pereira de Oliveira Rocha
Fernando Moreira de Araujo
Fernando Zuchello
Flavia Cristina de Aragão Caloi
Francelo Mognon
Francois Fromard
Frans Pareyin
Gabriela Aparecida de Oliveira Nakasone
Gabriela Lopez-Gonzalez
Giovana Maranhão Bettiol
Giselda Durigan
Giulia Nicoliello Biondi
Glauco Turci
Graziele Coraline Scofano da Rosa
Gustavo de Mattos Vasques
Heinrich Hasenack
Helber Freitas
Heloisa Sinátora Miranda
Henrique Yudi Oliveira Asakura
Igor de Souza Sermarini
Isabela Alvarenga de Mattos Landim
Isabele Kaori Une
Ivan Bergier
Jacqueline Oliveira de Souza
James Hutchison

Jaqueline Dalla Rosa
Jayson Campos de Souza
Jéssica Faria Mendes
Jéssica Goldoni Gandra
Jéssica Werber Godoy
Joao dos Santos Vila da Silva
Jorge Luis Silva Brito
Jorge Muniz
José Carlos Gomes de Souza
Josiane Guedes Rana Rosa
Josilene T. Vannuzini Ferrer
Juan Jacque Monteiro
Kennedy de Jesus
Laerte Ferreira Junior
Laila Akemi Pugaciov
Lais Queiroz de Araújo
Lenita Moreira Cendretti
Leonardo Oliveira Santos
Liana Anderson
Lucas Matheus dos Reis
Luciana Fatima de Souza Medeiros
Luciana Mamede dos Santos
Luisa Vega
Luiz Aragão
Luiz Clóvis Belarmino
Luiz Scherer
Manuela Antunes Jorge
Marcelo Henrique Moreira Santos
Marcelo Rodolfo Siqueira
Marco Aurélio Reis dos Santos
Marcos Vinicius Winckler Caldeira
Marcus Fernandes
Margarete Naomi Sato
Margareth Copertino
Mariana Florencio Marques
Mario Luiz Diamante Aglio
Mário Marcos do Espírito Santo
Marla de Oliveira Farias

Martha Mayumi Higarashi
Marcelo Miele
Maura Rejane de Araújo Mendes
Mayara Teodoro
Mirian Noemi Silva da Costa
Nicole Luana de Fátima P da Costa
Niro Higuchi
Osmira Fátima da Silva
Patricia Fatima de Mello Kutika
Paula de Melo Chiste
Paulo Armando Victoria de Oliveira
Petrea Miharu Hayashi Pereira
Priscila Cesar Rocha de Souza
Rafael Notarangeli Favaro
Rafaela Carlota Forastiero
Raíssa Caroline dos Santos Teixeira
Rangel Feijó de Almeida
Renides da Cruz Eller de Moraes
Ricardo Flores Haidar
Rita Marcia da Silva Pinto Vieira
Robert Michael Boddey
Rodolfo de Almeida Santos
Rodolfo Morais
Rodrigo da Silva Ferreira
Rodrigo da Silveira Nicoloso
Rodrigo Delgado Inacio
Romulo Menezes
Ronaldo de Souza Junior
Sabrina de Oliveira Pereira
Sabrina do Couto Miranda
Segundo Urquiaga
Sérgio Raposo Medeiros
Simone Vieira
Suzana Maria de Salis
Tainara Melo Siqueira
Talita Assis
Tatiana Almeida de Souza
Tatiana Amaral de Almeida Oliveira

Tayane Pereira Muts Guedes

Thiago Crestani Martins

Tiago Diniz Althoff

Valério de Patta Pillar

Vanildes Oliveira Ribeiro

Vitoria Inocencio Sobrinho

Wagner Júlio Noronha Lima

INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES – VOLUME III

Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC

Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina – SATC

Associação Brasileira da Indústria Química – ABIQUIM

Associação Brasileira de Alumínio – ABAL

Associação Brasileira de Produtores de Cal – ABPC

Associação Brasileira do Carvão Mineral – ABCM

Centro Tecnológico de Carvão Limpo – CTCL

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB

Companhia Siderúrgica Nacional – CSN

Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM dos distritos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Empresas mineradoras dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná

Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE

Instituto Aço Brasil – IABr e suas associadas

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Instituto Rio Grandense do Arroz

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI

Ministério de Minas e Energia – MME

Ministério do Meio Ambiente – MMA

P&D Consultoria Empresarial Ltda.

Petrobras

Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais – Rede CLIMA

Rima Industrial S.A.

Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina – SIECESC

Sindicato Nacional da Indústria do Cimento – SNIC

Universidade de Brasília – UnB

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP (Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá)

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

White Martins

SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

% – porcentagem

°C – graus Celsius

A – Rios e lagos

Aa – Floresta Ombrófila Aberta Aluvial

Ab – Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas

ABETRE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos

ABIA – Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação

ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café

ABIP – Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal

ABRABE – Associação Brasileira de Bebidas

ABRACAL – Associação Brasileira de Produtores de Calcário Agrícola

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ABS – resina de acrilonitrila butadieno estireno

ABS/PA – blenda de copolímero de acrilonitrila, butadieno estireno e poliamida

AC – Acre

Ac – Área agrícola

AM – Amazonas

Am – Floresta Ombrófila Aberta Montana

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

AP – Amapá

Ap – Pastagem plantada

AR4 – Quarto Relatório de Avaliação do IPCC

AR5 – Quinto Relatório de Avaliação do IPCC

As – Floresta Ombrófila Aberta Submontana

BA – Bahia

BEN – Balanço Energético Nacional

BEU – Balanço de Energia Útil

bpd – barris por dia

BT – biomassa total

C – carbono

C_2F_6 – hexafluoretano

Ca – Floresta Estacional Decidual Aluvial

$Ca(OH)_2$ – cal virgem

$Ca(OH)_2$•$Mg(OH)_2$ – cal hidratada

CaC_2 – carbureto de cálcio

$CaCO_3$ – calcário ou carbonato de cálcio

CaO – óxido de cálcio

CaO.MgO – óxido de cálcio e magnésio

CAP – circunferência à altura do peito

Cb – Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas

CE – Ceará

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CF_4 – tetrafluorometano

CFCs – clorofluorcarbonos

CH_4 – metano

CKD (*Cement Kiln Dust*) – Poeira do Forno de Cimento

cm – centímetro

Cm – Floresta Estacional Decidual Montana

CO – monóxido de carbono

CO_2 – dióxido de carbono

CO_2e – dióxido de carbono equivalente

Cogen – Associação da Indústria de Cogeração de Energia

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

CORINAIR (*Core Inventory Air Emissions*) – Inventário de Emissões Aéreas

Cs – Floresta Estacional Decidual Submontana

CS – Floresta com extração seletiva de madeira

CSI (*Cement Sustainability Initiative*) – Iniciativa para a Sustentabilidade do Cimento

Da – Floresta Ombrófila Densa Aluvial

DAP – diâmetro na altura do peito

Db – Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

default – padrão

DEGRAD – Sistema de Mapeamento da Degradação Florestal na Amazônia Brasileira

DETEX – Detecção de Exploração Seletiva de Madeira

DF – Distrito Federal

Dl – Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana

Dm – Floresta Ombrófila Densa Montana

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

DPA – Divisão Político-Administrativa do Brasil

Ds – Floresta Ombrófila Densa Submontana

E&P – Exploração e Produção

Ea – Estepe Arborizada

Eg – Estepe Gramíneo-Lenhosa

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Ep – Estepe Parque

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

Fa – Floresta Estacional Semidecidual Aluvial

FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

Fb – Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas

FBN – fixação biológica de nitrogênio

FE – fator de emissão

Fm – Floresta Estacional Semidecidual Montana

FM – Florestas Manejadas

FNM – Floresta não manejada

FRA *(Global Forest Resources Assessment)* – Programa de Avaliação de Recursos Florestais

Fs – Floresta Estacional Semidecidual Submontana

FSec – Floresta secundária

FUNAI – Fundação Nacional do Índio

g – grama

GEE – gases de efeito estufa

Gg – gigagrama

GM – Campo manejado

GNM – Campo não manejado

GO – Goiás

GSec – Campo secundário

GTP (*Global Temperature Potential*) – Potencial de Temperatura Global

GWP (*Global Warming Potential*) – Potencial de Aquecimento Global

ha – hectares

hab – habitante

HCFCs – hidrofluorclorocarbonos

HFCs – hidrofluorcarbonos

HNO_3 – ácido nítrico

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDW (*Inverse Distance Weighting*) – Inverso da Distância Ponderada

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC (*Intergovernamental Panel on Climate Change*) – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

kcal – quilocaloria

kg – quilograma

km^2 – quilômetro quadrado

L – litro

La – Campinarana Arborizada

Lb – Campinarana Arbustiva

Ld – Campinarana Florestada

Lg – Campinarana Gramíneo-Lenhosa

LGN – líquidos de gás natural

LULUCF (*Land Use, Land-Use Change and Forestry*) – Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas

m^2 – metro quadrado

m^3 – metro cúbico

Ma – Floresta Ombrófila Mista Aluvial

MA – Maranhão

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MDIs (*Metered Dose Inhalers*) – Inaladores de Dose Medida

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MG – Minas Gerais

$MgCO_3$ – dolomita

Ml – Floresta Ombrófila Mista Alto Montana

MLME – Modelo Linear de Mistura Espectral

Mm – Floresta Ombrófila Mista Montana

mm – milímetro

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério de Minas e Energia

Ms – Floresta Ombrófila Mista Submontana

MS – Mato Grosso do Sul

MT – Mato Grosso

Mt – megatonelada

MVC – cloreto de vinila

N – nitrogênio

N_2O – óxido nitroso

NA (*not applicable*) – não aplicável

Na_2CO_3 – carbonato neutro de sódio

NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) – Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço

NBR – borracha de acrilonitrila-butadieno

Nex – nitrogênio excretado

NH_3 – amônia

NMVOC – outros compostos orgânicos voláteis não metânicos

N.O. – Área não observada

NO – óxido nítrico

NO_2 – dióxido de nitrogênio

NO_x – óxidos de nitrogênio

O_3 – ozônio

O_x – fator de oxidação

PA – Pará

Pa – Vegetação com influência fluvial e/ou lacustre

PB – Paraíba

PE – Pernambuco

PEAD – polietileno de alta densidade

PEBD – polietileno de baixa densidade

PELBD – polietileno linear de baixa densidade

Pf – Pioneiras com influência fluviomarinha (mangue)

PFCs – perfluorcarbonos

PI – Piauí

Pm – Pioneiras com influência marinha (restinga)

PMDBBS – Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros

PNSB – Pesquisas Nacionais de Saneamento Básico

pot – emissões potenciais

PPBio – Programa de Pesquisa em Biodiversidade

PPCDAm – Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal

PROBIO – Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica

PRODES – Projeto de Monitoramento de Desflorestamento na Amazônia Legal

PVC – policloreto de vinila

RAINFOR – Rede Amazônica de Inventários Florestais

RAL – Relatório Anual de Lavra

Ref – Reflorestamento

Res – Reservatórios

RF – forçante radioativa

Rl – Refúgio Alto-Montano

Rm – Refúgio Montano

RO – Rondônia

ROM (*run-of-mine*) – carvão bruto

RPPN – Reservas Particulares de Preservação Natural

RR – Roraima

Rs – Refúgio Submontano

S – Área urbana

Sa – Savana Arborizada

SAR – Segundo Relatório de Avaliação do IPCC

SBR – borracha de butadieno estireno

Sd – Savana Florestada

SD – desvio padrão

SDO – substâncias destruidoras da camada de ozônio

SE – Sergipe

SF_6 – hexafluoreto de enxofre

Sg – Savana Gramíneo-Lenhosa

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SINDIPAN – Sindicato das Indústrias de Panificação e Confeitaria

SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

SP – São Paulo

Sp – Savana Parque

t – tonelada

Ta – Savana Estépica Arborizada

TAR – Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC

TCN – Terceira Comunicação Nacional

Td – Savana Estépica Florestada

TEAM (*Tropical Ecology Assessment and Monitoring*) – Avaliação e Monitoramento de Ecologia Tropical

tep – tonelada equivalente de petróleo

Tg – Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa

TI – Terras Indígenas

Tier – abordagem

TJ – terajoule

TM (*thematic mapper*) – mapeamento temático

TO – Tocantins

Tp – Savana Estépica Parque

UC – Unidades de Conservação

UCR – Unidades de Coqueamento Retardado

UFCC – Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

UGH – Unidades de Geração de Hidrogênio

UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

UNICA – União da Indústria e Cana-de-açúcar

UVIBRA – União Brasileira de Vitivinicultura

VS (*volatile solids*) – sólidos voláteis

WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development*) – Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável

ZAPE – Zoneamento Agroecológico de Pernambuco





SUMÁRIO

SUMÁRIO





CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

CAPÍTULO I
INTRODUÇÃO

Como país signatário da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC, ou UNFCCC na sigla em inglês), doravante referenciada como Convenção, o Brasil tem como uma de suas principais obrigações a elaboração e atualização periódica do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa Não Controlados pelo Protocolo de Montreal, doravante referenciado como Inventário.

A elaboração do presente Inventário segue as Diretrizes para a Elaboração das Comunicações Nacionais das Partes Não Incluídas no Anexo I da Convenção, estabelecidas na Decisão 17/CP.8 da Oitava Conferência das Partes da Convenção, realizada em Delhi, Índia, em outubro/novembro de 2002.

O presente Inventário é apresentado para o período de 1990 a 2010. Em relação aos anos de 1990 a 2005, o presente Inventário atualiza as informações apresentadas no Segundo Inventário Nacional de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa Não Controlados pelo Protocolo de Montreal (BRASIL, 2010).

Como diretriz técnica básica, foram utilizados os documentos elaborados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC): *"Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories"* (*Guidelines* 1996); "*Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*" (*Good Practice Guidance* 2000); e *"Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry"* (*Good Practice Guidance* 2003). Algumas das estimativas já levam em conta informações publicadas no documento *"2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories"* (*Guidelines* 2006).

1.1. GASES DE EFEITO ESTUFA

O clima na Terra é regulado pelo fluxo constante de energia solar que atravessa a atmosfera na forma de luz visível. Parte dessa energia é devolvida pela Terra na forma de radiação infravermelha. Os gases de efeito estufa (GEE) são gases presentes na atmosfera terrestre que têm a propriedade de bloquear parte dessa radiação infravermelha. Muitos deles, como vapor d'água, dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e ozônio (O_3), existem naturalmente na atmosfera e são essenciais para a manutenção da vida no planeta, pois sem eles a Terra seria, em média, cerca de 30°C mais fria.

Como consequência das atividades antrópicas na biosfera, o nível de concentração de alguns desses gases, como CO_2, CH_4 e N_2O, vem aumentando na atmosfera. Além disso, passou a ocorrer a emissão de outros gases de efeito estufa, compostos químicos produzidos somente pelo homem, tais como clorofluorcarbonos (CFCs), hidrofluorcarbonos (HFCs), hidrofluorclorocarbonos (HCFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6).

Como determina a Convenção, o Inventário deve incluir apenas as emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal. Por isso, não são considerados os gases CFCs e os HCFCs, que destroem a camada de ozônio e já são controlados pelo Protocolo de Montreal.

Os gases de efeito estufa cujas emissões antrópicas e remoções foram estimadas no presente Inventário são CO_2, CH_4, N_2O, HFCs, PFCs e SF_6. Alguns outros gases, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e outros compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOCs), mesmo não sendo gases de efeito estufa direto, possuem influência nas reações químicas que ocorrem na atmosfera. Informações sobre as emissões antrópicas desses gases são também incluídas neste Inventário quando disponíveis.

1.2. SETORES INVENTARIADOS

Emissões antrópicas de gases de efeito estufa ocorrem em diversos setores de atividade. O presente Inventário está organizado segundo a estrutura sugerida pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês), cobrindo os seguintes setores: Energia; Processos Industriais; Uso de Solventes e Outros Produtos; Agropecuária; Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas; e Tratamento de Resíduos.

Remoções de gases de efeito estufa ocorrem no setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas como resultado de atividades de manejo de áreas protegidas, reflorestamento, abandono de terras manejadas e aumento de estoque de carbono nos solos.

1.2.1. Setor de Energia

São estimadas nesse setor todas as emissões antrópicas devido à produção, à transformação e ao consumo de energia. Incluindo tanto as emissões resultantes da queima de combustíveis, quanto as emissões resultantes de fugas na cadeia de produção, transformação, distribuição e consumo.

1.2.1.1. Queima de combustíveis

No setor de Energia estão incluídas as emissões de CO_2 por oxidação do carbono contido nos combustíveis fósseis durante a sua queima, seja para geração de outras formas de energia, como eletricidade, seja no consumo final. São contabilizadas também as emissões de outros gases de efeito estufa ocorridas durante o processo de combustão (CH_4, N_2O, CO, NO_x e NMVOC).

No caso dos combustíveis de biomassa (lenha, carvão vegetal, resíduos vegetais, lixívia, álcool e bagaço), as emissões de CO_2 são informadas, porém não contabilizadas no total de emissões do setor energético. Os combustíveis de origem renovável não geram emissões de CO_2 líquidas e as emissões associadas à parcela não renovável são incluídas no setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas.

Assim como no caso dos combustíveis de biomassa, as emissões de CO_2 provenientes da queima dos combustíveis fornecidos no país para a navegação marítima e o transporte aéreo internacionais (*bunker fuels*) são informadas, de acordo com a Decisão 17/CP.8, porém não contabilizadas no total de emissões do setor energético.

Em função da informação básica disponível, as emissões são apresentadas seguindo a estrutura definida no Balanço Energético Nacional (BEN), semelhante, mas não idêntica, à estrutura sugerida pelo IPCC.

1.2.1.2. Emissões fugitivas

No setor de Energia são também incluídas as emissões de gases de efeito estufa provenientes do processo de mineração e beneficiamento do carvão mineral, além das emissões devido ao processo de extração, transporte e processamento de petróleo e gás natural.

As emissões associadas ao carvão mineral incluem a emissão de CH_4 das minas a céu aberto e subterrâneas, bem como a emissão de CO_2 por combustão espontânea nas pilhas de rejeito dos depósitos de carvão mineral.

As emissões associadas ao petróleo e ao gás natural incluem as emissões fugitivas de CH_4 durante a extração de petróleo e gás natural (*venting*), durante o transporte e distribuição em dutos e navios e durante seu processamento nas refinarias. São também consideradas as emissões de CO_2, CH_4 e N_2O por combustão não útil (*flaring*) nas plataformas de extração de petróleo e gás natural e nas unidades de refinaria. O uso de óleo e gás natural, ou de seus derivados, para fornecer energia para uso interno na produção de energia e transporte é considerado como combustão e, portanto, tratado na seção de queima de combustíveis.

As emissões de CO_2 por queima no *flare* são incluídas como emissões fugitivas, mesmo sendo formalmente resultado de combustão, por estarem associadas a uma perda e não ao consumo útil do combustível.

1.2.2. Setor de Processos Industriais

São estimadas nesse setor as emissões antrópicas resultantes dos processos produtivos nas indústrias, incluindo o consumo não energético, como matéria-prima, de combustíveis, mas excluindo a queima de combustíveis para geração de energia, pois estas últimas são relatadas no setor de Energia.

Foram considerados os subsetores de produtos minerais, produção de metais, indústria química e outros usos não energéticos de combustíveis, além de produção e utilização de HFCs, PFCs e SF_6.

1.2.2.1. Produtos minerais

Neste subsetor são incluídas as emissões que ocorrem pela produção de cimento, de cal, de outros usos do calcário e da dolomita com calcinação e do uso de carbonato neutro de sódio (barrilha).

Na produção de cimento ocorrem emissões de CO_2 pela calcinação de calcário ($CaCO_3$) durante a produção de clínquer. Na produção de cal, o calcário e a dolomita ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) são calcinados, produzindo também CO_2. Na indústria do vidro, na indústria siderúrgica e na produção de magnésio também ocorrem emissões de CO_2 por calcinação de calcário e dolomita. A produção de carbonato neutro de sódio – da barrilha, no Brasil, não é fonte de emissão de CO_2 devido ao processo produtivo aqui utilizado, e apenas o uso dessa substância gera emissões de CO_2.

1.2.2.2. Indústria química

Dentre as emissões inventariadas neste subsetor, merecem destaque as emissões de CO_2 resultantes da produção de amônia, as emissões de N_2O e NO_x que ocorrem durante a produção de ácido nítrico, e as emissões de N_2O, CO e NO_x resultantes da produção de ácido adípico.

Durante a produção de outros produtos químicos, pode também ocorrer a emissão de gases de efeito estufa, com destaque para a emissão de NMVOC na indústria petroquímica.

Nesta edição o setor de Uso de Solventes e Outros Produtos foi aqui incluído, com abordagem apenas pelo uso não energético de querosene iluminante, álcool hidratado, solventes e outros produtos não energéticos de petróleo pelos setores diferentes da indústria química.

1.2.2.3. Produção de metais

Este subsetor inclui a indústria siderúrgica e a indústria de ferroligas, onde ocorrem emissões no processo de redução do minério de ferro, além da produção de não ferrosos, incluindo alumínio e magnésio. Foram estimadas as emissões de CO_2, CH_4, N_2O, CO, NO_x, NMVOC, PFCs e SF_6 pertinentes a cada um dos processos.

Na indústria siderúrgica e na indústria de ferroligas ocorre a emissão de GEE quando o carbono contido no agente redutor combina com o oxigênio dos óxidos metálicos. Os mesmos agentes redutores, como o coque de carvão mineral, são também utilizados como combustível para geração de energia. As emissões atribuídas a ambos os processos são relatadas neste setor. Outras emissões relativas à siderurgia são relatadas no setor de Energia (produção de coque e de energia elétrica) e no setor de produção mineral (produção de cal, uso de calcário e dolomita). O mesmo princípio adotado para a separação de combustível utilizado como redutor para a siderurgia foi utilizado para os subsetores de ferroligas e não ferrosos, com exceção do alumínio e magnésio que utilizaram diferentes metodologias para estimativas.

Na indústria de alumínio, ocorrem emissões de CO_2 durante o processo de eletrólise, quando o oxigênio do óxido de alumínio reage com o carbono do ânodo. Durante o mesmo processo, se o nível de óxido de alumínio na cuba de produção ficar muito baixo, pode ocorrer um rápido aumento de voltagem (efeito anódico). Nesse caso, o

fluoreto contido na solução eletrolítica reage com o carbono do ânodo produzindo perfluorcarbonos (CF_4 e C_2F_6), que são gases de efeito estufa de longo tempo de permanência na atmosfera. Na produção de magnésio ocorrem emissões de SF_6 utilizado como gás de cobertura para evitar a sua oxidação.

1.2.2.4. Outras indústrias

O subsetor de Papel e Celulose gera emissões durante o tratamento químico a que é submetida a polpa da madeira no processo fabril. Essas emissões dependem do tipo de matéria-prima utilizada e da qualidade do produto a que se quer chegar.

No Brasil utiliza-se principalmente o eucalipto como fonte de celulose, com o predomínio do processo do tipo sulfato, ocorrendo emissões de CO, NO_x e NMVOC, as quais foram estimadas neste Inventário.

No subsetor de Alimentos e Bebidas, ocorrem emissões de NMVOC em muitos processos de transformação a partir de produtos primários, como a produção de açúcar, ração animal e cerveja. As emissões foram estimadas com base nos dados nacionais de produção, adotando-se fatores de emissão *default*.

1.2.2.5. Produção e utilização de HFCs e SF_6

Os gases HFCs foram desenvolvidos nas décadas de 1980 e 1990 como substâncias alternativas a CFCs e HCFCs. O uso desses gases está sendo eliminado por serem substâncias que destroem a camada de ozônio. Os HFCs são gases de efeito estufa que não contêm cloro e, por esse motivo, não afetam a camada de ozônio.

Durante a produção e utilização de HFCs podem ocorrer emissões fugitivas. Também durante o processo produtivo de HCFC-22 pode ocorrer produção secundária de HFC-23 e sua consequente emissão.

O SF_6, outro gás de efeito estufa produzido apenas antropicamente, tem excelentes características para utilização em equipamentos elétricos de alta capacidade e desempenho. O Brasil não é produtor desse gás. Assim sendo, as emissões informadas devem-se apenas a vazamentos nos equipamentos instalados no país.

1.2.3. Setor de Agropecuária

A agricultura e a pecuária são atividades econômicas de grande importância no Brasil. Devido à grande extensão de terras disponíveis para a agricultura e pastagem, o país ocupa também um lugar de destaque no mundo quanto à produção desse setor.

São vários os processos que resultam em emissões de gases de efeito estufa, descritos a seguir.

1.2.3.1. Fermentação entérica

A fermentação entérica que corresponde a uma etapa da digestão dos animais herbívoros ruminantes é uma das maiores fontes de emissão de CH_4 no país. A intensidade desse processo depende de diversos fatores, como o tipo de animal, seu alimento, a intensidade de sua atividade física e das diversas práticas de criação. Entre os diversos tipos de animais, destacam-se as emissões provenientes do rebanho bovino, que é o segundo maior no mundo.

1.2.3.2. Manejo de dejetos de animais

Os sistemas de manejo de dejetos de animais podem causar emissões de CH_4 e N_2O. A decomposição anaeróbia produz CH_4, principalmente quando os dejetos são estocados em forma líquida.

1.2.3.3. Cultivo de arroz

O arroz, quando cultivado em campos inundados ou em áreas de várzea, é uma importante fonte de emissão de CH_4. Isso ocorre em razão da decomposição anaeróbia de matéria orgânica presente na água. No Brasil, porém, a maior parte do arroz é produzida em áreas não inundadas, reduzindo a importância do subsetor nas emissões totais de CH_4.

1.2.3.4. Queima de resíduos agrícolas

A queima imperfeita de resíduos agrícolas, realizada diretamente no campo, produz emissões de CH_4, N_2O, NO_x, CO e NMVOC. O CO_2 emitido não é considerado como uma emissão líquida, pois, por meio da fotossíntese, a mesma quantidade é necessariamente absorvida durante o crescimento das plantas.

No Brasil, a prática de queima de resíduos agrícolas ocorre principalmente na cultura de cana-de-açúcar.

1.2.3.5. Emissões de N_2O provenientes de solos agrícolas

A emissão de N_2O em solos agrícolas decorre da aplicação de fertilizantes nitrogenados, tanto de origem sintética quanto animal, e da deposição de dejetos de animais em pastagem. Esse último processo não é considerado como aplicação de fertilizante, já que não é intencional, porém, é o mais importante no Brasil devido à predominância da pecuária extensiva. Os resíduos vegetais deixados no campo são fontes de emissão de N_2O.

Ainda dentro deste setor enquadra-se o cultivo de solos orgânicos, que aumenta a mineralização da matéria orgânica e libera N_2O.

1.2.4. Setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas

Neste setor são incluídas as estimativas das emissões e remoções de gases de efeito estufa associadas ao aumento ou diminuição do carbono na biomassa acima ou abaixo do solo pela substituição de um determinado tipo de uso da terra por outro, como, por exemplo, a conversão de uma floresta para agricultura ou pecuária, ou a substituição de uma lavoura por reflorestamento.

Por extensão, como recomendado pelo *Good Practice Guidance* 2003, são estimadas as emissões e remoções pelo uso da terra não submetido a uma mudança, por crescimento ou perda de carbono sob um mesmo tipo de uso (por exemplo, crescimento de uma vegetação secundária ou mesmo da vegetação primária em áreas manejadas).

As estimativas devem considerar todos os reservatórios de carbono: biomassa viva acima do solo; biomassa viva abaixo do solo (raízes); serapilheira (galhos e folhas mortas); madeira morta (caída e em pé); e carbono de solo. Adicionalmente, neste setor, são contabilizadas as emissões provenientes da adição de calcário agrícola aos solos.

O gás predominante neste setor é o CO_2, mas também ocorrem emissões de outros gases de efeito estufa como o CH_4 e N_2O pela queima imperfeita de madeira deixada no campo, no caso da conversão de florestas para outros usos.

Também ocorrem emissões de CH_4 em reservatórios (barragens de hidrelétricas, açudes etc.), mas elas não foram estimadas neste inventário por não existir metodologia acordada pelo IPCC para seu cálculo em função da dificuldade de identificar a parcela antrópica dessas emissões.

1.2.5. Setor de Tratamento de Resíduos

1.2.5.1. Disposição de resíduos sólidos

A disposição de resíduos sólidos propicia condições anaeróbias que geram CH_4. O potencial de emissão de CH_4 aumenta quanto melhor são as condições de controle dos aterros e maior a profundidade dos lixões. Já a incineração de resíduos sólidos, atividade é bastante reduzida no Brasil, gera emissões de vários gases de efeito estufa como toda combustão, principalmente o CO_2.

1.2.5.2. Tratamento de efluentes

Efluentes com um alto grau de conteúdo orgânico têm um grande potencial de emissões de CH_4, em especial os efluentes doméstico e comercial, os efluentes da indústria de alimentos e bebidas e os da indústria de papel e celulose. As demais indústrias também contribuem para essas emissões, porém em menor grau.

No caso dos efluentes domésticos, em função do conteúdo de nitrogênio na alimentação humana, ocorrem, ainda, emissões de N_2O.





CAPÍTULO II

SUMÁRIO DE EMISSÕES ANTRÓPICAS POR FONTES E REMOÇÕES POR SUMIDOUROS DE GASES DE EFEITO ESTUFA POR GÁS

CAPÍTULO II

SUMÁRIO DE EMISSÕES ANTRÓPICAS POR FONTES E REMOÇÕES POR SUMIDOUROS DE GASES DE EFEITO ESTUFA POR GÁS

No ano de 2010, as emissões antrópicas líquidas de gases de efeito estufa foram estimadas em 739.671 Gg CO_2; 16.688,2Gg CH_4; 560,49 Gg N_2O; 0,0767 Gg CF_4, 0,0059 Gg C_2F_6, 0,0087 Gg SF_6, 2,7196 Gg HFC-134a, 0,1059 Gg HFC-32, 0,5012 Gg HFC-125 e 0,4671 Gg HFC-143a. Entre 2005 e 2010, as emissões totais de CO_2, CH_4 e N_2O diminuíram em 66%, 9% e 8%, respectivamente. As emissões de gases de efeito estufa indireto foram também avaliadas. No ano de 2010, essas emissões foram estimadas em 3.429,4 Gg NO_x; 35.050,4 Gg CO; e 6.387,2 Gg NMVOC.

2.1. EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO

As emissões de CO_2 resultam de diversas atividades. Geralmente, a principal fonte de emissão é o uso energético de combustíveis fósseis. Outras fontes de emissão importantes são os processos industriais de produção de cimento, cal, barrilha, amônia e alumínio, bem como a incineração de resíduos sólidos.

No Brasil, historicamente, a maior parcela das emissões líquidas estimadas de CO_2 é proveniente da mudança do uso da terra, em particular da conversão de florestas para uso agropecuário. Entretanto, observou-se uma redução significativa das emissões deste setor nos últimos anos, o que contribuiu com o aumento da participação relativa do setor Energia na emissão total de CO_2 para o ano de 2010. Cabe ressaltar a elevada participação de energia renovável na matriz energética brasileira, pela geração de eletricidade a partir de hidrelétricas, pelo uso de álcool no transporte e bagaço de cana-de-açúcar e carvão vegetal na indústria. A Tabela 2.1 e as Figuras 2.1, 2.2 e 2.3 sumarizam as emissões líquidas de CO_2 no Brasil, por setor.

O setor de Energia engloba as emissões por queima de combustíveis fósseis e emissões fugitivas. As emissões fugitivas incluem a queima de gás nas tochas de plataformas e refinarias e a combustão espontânea de carvão em depósitos e pilhas de rejeito. As emissões de CO_2 do setor de Energia representaram em 2010 47,0% das emissões totais de CO_2, tendo aumentado 19,7% em relação às emissões de 2005. Somente o subsetor de Transportes foi responsável por 48,9% das emissões de CO_2 do setor de Energia e por 22,8% do total de emissões de CO_2 totais, em 2010.

As emissões devido a processos industriais representaram 10,9% das emissões totais em 2010, com a produção de ferro-gusa e aço, constituindo a maior parcela (47,5%). No período de 2005 a 2010, as emissões devido a processos industriais variaram 18,8%.

O setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas foi responsável pela maior parcela das emissões de CO_2 e pela totalidade das remoções de CO_2, que incluem o manejo de áreas protegidas, a regeneração de áreas abandonadas e a mudança no estoque de carbono nos solos, com as emissões líquidas do setor participando com 42,0% das emissões líquidas totais de CO_2 em 2010. A conversão de florestas para outros usos, em particular o agrícola, consistiu na quase totalidade das emissões de CO_2 do setor, sendo a pequena parcela restante devido à adição de calcário agrícola aos solos.

O setor de Tratamento de Resíduos contribuiu minimamente para as emissões de CO_2, devido à incineração de resíduos contendo carbono não renovável.

TABELA 2.1

Emissões líquidas de CO_2

SETOR	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005-2010
	Gg					%	
Energia	169.985	209.124	267.646	290.621	347.974	47,0%	19,7%
Queima de Combustíveis Fósseis	162.431	201.610	256.909	276.744	332.760	45,0%	20,2%
Subsetor Energético	21.271	25.281	40.484	47.343	58.857	8,0%	24,3%
Subsetor Industrial	35.559	43.068	59.008	60.019	68.306	9,2%	13,8%
Indústria Siderúrgica	4.436	5.387	4.657	5.526	5.642	0,8%	2,1%
Indústria Química	8.606	10.057	13.942	14.624	13.847	1,9%	-5,3%
Outras Indústrias	22.517	27.623	40.409	39.869	48.817	6,6%	22,4%
Subsetor Transporte	79.338	100.457	121.748	135.182	168.364	22,8%	24,5%
Transporte Aéreo	4.232	4.732	6.206	6.316	9.751	1,3%	54,4%
Transporte Rodoviário	70.094	90.916	111.337	123.519	151.481	20,5%	22,6%
Outros Meios de Transporte	5.012	4.809	4.205	5.347	7.132	1,0%	33,4%
Subsetor Residencial	13.842	15.942	17.179	15.591	17.249	2,3%	10,6%
Subsetor Agricultura	9.846	13.222	14.152	14.964	17.346	2,3%	15,9%
Outros Setores	2.576	3.640	4.338	3.645	2.638	0,4%	-27,6%
Emissões Fugitivas	7.554	7.514	10.737	13.877	15.214	2,1%	9,6%
Mineração de Carvão	1.353	920	1.291	1.381	1.846	0,2%	33,7%
Extração e Transporte de Petróleo e Gás Natural	6.201	6.594	9.446	12.496	13.368	1,8%	7,0%
Processos Industriais	43.551	54.643	65.991	68.016	80.786	10,9%	18,8%
Produção de Cimento	11.062	11.528	16.047	14.349	21.288	2,9%	48,4%
Produção de Cal	3.688	4.104	5.008	5.356	5.950	0,8%	11,1%
Produção de Amônia	1.683	1.785	1.663	1.922	1.739	0,2%	-9,5%

continua na próxima página

SETOR	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005-2010
	Gg					%	
Produção de Ferro-gusa e Aço	21.601	30.130	35.552	37.509	38.360	5,2%	2,3%
Produção de Ferroligas	116	215	545	932	1.195	0,2%	28,2%
Produção de Não Ferrosos, exceto Alumínio	897	1.762	1.606	1.855	4.332	0,6%	133,5%
Produção de Alumínio	1.574	1.965	2.116	2.472	2.543	0,3%	2,9%
Outras Indústrias	2.930	3.154	3.454	3.621	5.379	0,7%	48,6%
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	756.970	1.837.508	1.197.175	1.797.842	310.736	42,0%	-82,7%
Mudança do Uso da Terra	751.867	1.832.113	1.188.458	1.790.368	300.312	40,6%	-83,2%
Bioma Amazônia	437.574	1.459.071	815.416	1.128.545	162.888	22,0%	-85,6%
Bioma Cerrado	241.511	212.958	212.958	282.275	58.755	7,9%	-79,2%
Outros Biomas	72.782	160.084	160.084	379.548	78.669	10,6%	-79,3%
Aplicação de Calcário nos solos	5.103	5.395	8.717	7.474	10.424	1,4%	39,5%
Tratamento de resíduos	19	78	95	128	175	0,0%	36,7%
TOTAL	**970.525**	**2.101.353**	**1.530.907**	**2.156.607**	**739.671**	**100,0%**	**-65,7%**

1 Gg = mil toneladas

FIGURA 2.1
Participação nas emissões líquidas de CO_2 (2005)

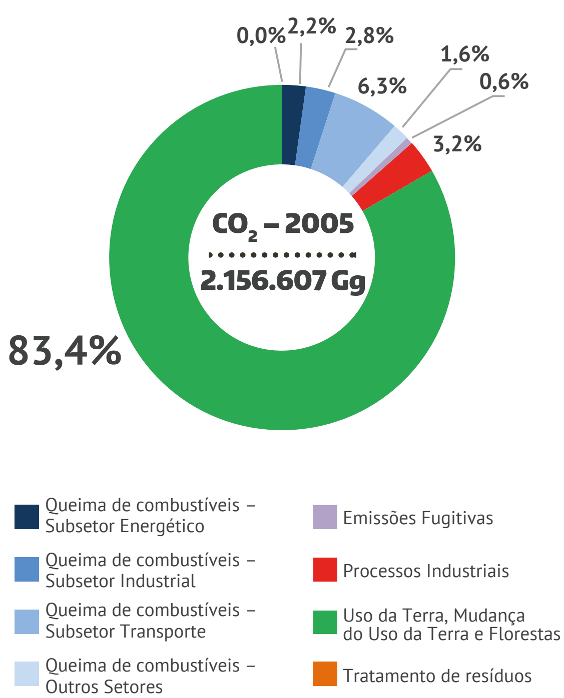


FIGURA 2.2
Participação nas emissões líquidas de CO_2 (2010)

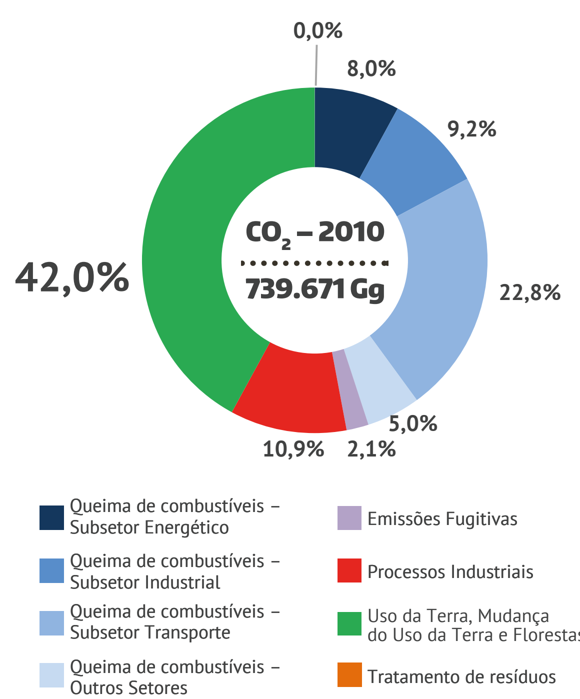
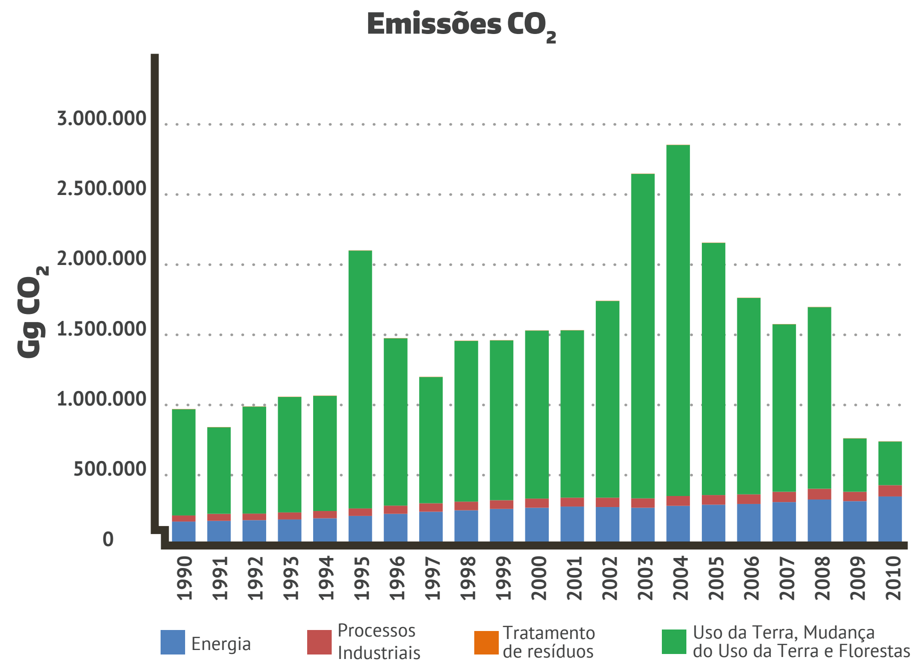


FIGURA 2.3

Evolução das emissões líquidas de CO_2 por setor



2.2. EMISSÕES DE METANO

Emissões de CH_4 resultam de diversas atividades, incluindo aterros sanitários, tratamento de efluentes, sistemas de produção e processamento de petróleo e gás natural, atividades agrícolas, mineração de carvão, queima de combustíveis fósseis e de biomassa, conversão de florestas para outros usos e alguns processos industriais.

No Brasil, o setor de Agropecuária é o maior responsável pelas emissões de CH_4 (74,4% em 2010), sendo a principal emissão decorrente da fermentação entérica (eructação) do rebanho de ruminantes, quase toda referente ao gado bovino, o segundo maior rebanho do mundo. Em 2010 as emissões de CH_4 associadas à fermentação entérica foram estimadas em 11.158 Gg, 89,9% do total de emissões de CH_4 do setor de Agropecuária. O manejo de dejetos de animais, a cultura do arroz irrigado e a queima de resíduos agrícolas corresponderam às emissões restantes.

No setor de Energia, as emissões de CH_4 ocorrem devido à queima imperfeita de combustíveis e também devido à fuga de CH_4 durante os processos de produção e transporte de gás natural e mineração de carvão. As emissões de CH_4 do setor de Energia representaram, em 2010, 3,8% das emissões totais de CH_4, tendo diminuído em 8,1% em relação às emissões de 2005.

No setor de Processos Industriais, as emissões de CH_4 ocorrem durante a produção de petroquímicos, mas têm pequena participação nas emissões brasileiras.

As emissões do setor de Tratamento de Resíduos representaram 14,8% do total das emissões de CH_4 em 2010, sendo a disposição de resíduos sólidos responsável por 53,9% desse setor. No período 2005 a 2010, as emissões de CH_4 do setor de Tratamento de Resíduos aumentaram 19,4%.

No setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas, as emissões de CH_4 ocorrem pela queima da biomassa nas áreas de desflorestamento. Essas emissões representaram 6,8% do total de emissões de CH_4 em 2010.

TABELA 2.2
Emissões de CH_4

SETOR	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005-2010
	Gg					%	
Energia	545,8	473,6	511,8	684,8	629,1	3,8%	-8,1%
Queima de combustíveis	455,3	388,1	392,8	478,6	448,2	2,7%	-6,4%
Subsetor energético	25,5	23,1	20,7	29,2	34,5	0,2%	18,2%
Subsetor industrial	15,7	18,1	19,9	28,4	34,4	0,2%	21,1%
Indústria siderúrgica	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,0%	50,0%
Outras indústrias	15,5	17,9	19,7	28,2	34,1	0,2%	20,9%
Subsetor transporte	72,6	85,8	75,6	74,4	66,9	0,4%	-10,1%
Subsetor residencial	318,4	243,7	261,5	327,6	290,1	1,7%	-11,4%
Outros setores	23,1	17,4	15,1	19,0	22,3	0,1%	17,4%
Emissões fugitivas	90,5	85,5	119,0	206,2	180,9	1,1%	-12,3%
Mineração de carvão	49,7	41,1	43,3	49,1	39,2	0,2%	-20,2%
Extração e transp. de petróleo e gás natural	40,8	44,4	75,7	157,1	141,7	0,8%	-9,8%
Processos Industriais	47,1	41,2	43,7	54,9	45,3	0,3%	-17,5%
Indústria Química	5,2	6,6	9,0	9,4	11,8	0,1%	25,5%
Produção de Metais	41,9	34,6	34,7	45,5	33,5	0,2%	-26,4%
Agropecuária	9.185,6	10.058,2	10.382,3	12.357,7	12.415,6	74,4%	0,5%
Fermentação entérica	8.223,9	8.957,1	9.349,5	11.213,8	11.158,0	66,9%	-0,5%
Gado bovino	7.808,9	8.534,3	9.005,8	10.855,7	10.798,4	64,7%	-0,5%
Gado de leite	1.197,7	1.297,1	1.177,9	1.371,4	1.424,0	8,5%	3,8%
Gado de corte	6.611,2	7.237,2	7.827,9	9.484,3	9.374,4	56,2%	-1,2%
Outros animais	415,0	422,8	343,7	358,1	359,6	2,2%	0,4%
Manejo de dejetos de animais	421,6	471,6	479,7	543,9	608,1	3,6%	11,8%
Gado bovino	191,2	208,7	215,9	254,0	258,7	1,6%	1,9%
Gado de leite	35,9	38,5	34,1	39,7	44,0	0,3%	10,8%
Gado de corte	155,3	170,2	181,8	214,3	214,7	1,3%	0,2%
Suínos	159,5	173,7	166,5	178,7	214,9	1,3%	20,3%
Aves	48,4	66,3	78,1	91,5	115,3	0,7%	26,0%

continua na próxima página

SETOR	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005-2010
	Gg					%	
Outros animais	22,5	22,9	19,2	19,7	19,2	0,1%	-2,5%
Cultura de arroz	433,6	510,8	448,1	463,7	464,2	2,8%	0,1%
Queima de resíduos agrícolas	106,5	118,7	105,0	136,3	185,3	1,1%	36,0%
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	1.041,5	2.895,7	2.048,8	3.237,9	1.135,5	6,8%	-64,9%
Tratamento de Resíduos	1.173,7	1.418,7	1.754,2	2.062,0	2.462,7	14,8%	19,4%
Resíduos sólidos	824,4	965,3	1.149,4	1.237,1	1.327,0	8,0%	7,3%
Efluentes	349,3	453,4	604,8	824,9	1.135,7	6,8%	37,7%
Industrial	82,6	149,1	233,1	388,3	622,9	3,7%	60,4%
Doméstico	266,7	304,3	371,7	436,6	512,8	3,1%	17,5%
TOTAL	**11.993,7**	**14.887,4**	**14.740,8**	**18.397,3**	**16.688,2**	**100,0%**	**-9,3%**

FIGURA 2.4

Participação nas emissões de CH_4 (2005)

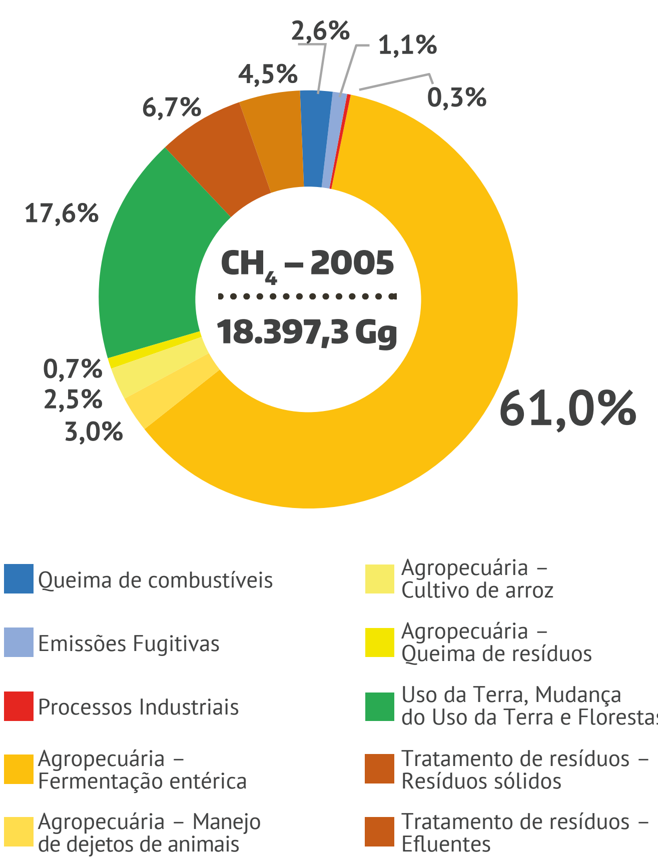


FIGURA 2.5

Participação nas emissões de CH_4 (2010)

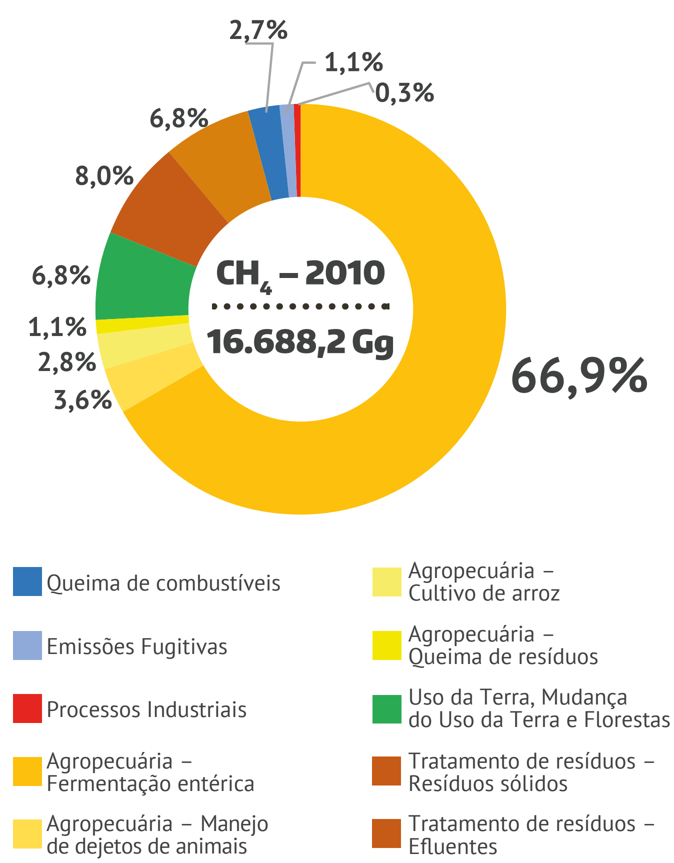
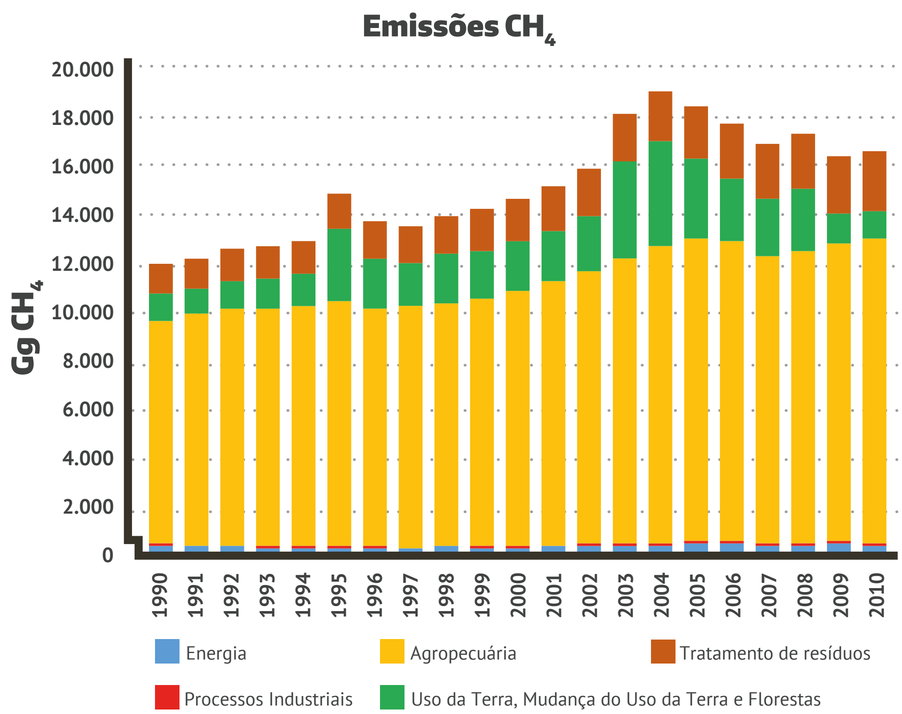


FIGURA 2.6

Evolução das emissões de CH_4



2.3. EMISSÕES DE ÓXIDO NITROSO

Emissões de N_2O resultam de diversas atividades, incluindo práticas agrícolas, processos industriais, queima de combustíveis fósseis e de biomassa e conversão de florestas para outros usos.

No Brasil, as emissões de N_2O ocorrem, predominantemente, no setor de Agropecuária (84,2% em 2010), principalmente por deposição de dejetos de animais em pastagem. As emissões de N_2O no setor cresceram 10,0% entre 2005 e 2010. Do setor, as emissões diretas de solos agrícolas respondem por 59,8% (36,1% se consideradas apenas as emissões dos animais em pastagem), as emissões indiretas, por 36,0%, seguido das emissões provenientes do manejo de dejetos animais (3,1%) e da queima de resíduos agrícolas (0,9%).

As emissões de N_2O no setor de Energia representaram apenas 5,7% das emissões totais de N_2O em 2010, sendo basicamente devido à queima imperfeita de combustíveis.

No setor de Processos Industriais, as emissões de N_2O ocorrem durante a produção de ácido nítrico e ácido adípico – muito reduzidas nesses dois casos graças aos projetos MDL de redução de emissões implantados a partir de 2007 – e também na produção de metais, porém representando, em conjunto, somente 0,4% das emissões totais de N_2O em 2010.

No setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas as emissões de N_2O ocorrem pela queima da biomassa nas áreas de desflorestamento. Essas emissões representaram 8,4% do total de emissões de N_2O em 2010.

No setor de Tratamento de Resíduos, as emissões de N_2O ocorrem basicamente devido à presença de nitrogênio na proteína de consumo humano e que acaba sendo lançado no solo ou em corpos d'água e sua contribuição para as emissões totais de N_2O foi de 1,3% em 2010. Uma fração muito menor é proveniente da incineração de resíduos.

TABELA 2.3
Emissões de N_2O

SETOR	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005-2010
	Gg					%	
Energia	14,08	15,03	18,99	24,96	31,97	5,7%	28,1%
Queima de Combustíveis	14,02	14,97	18,88	24,75	31,76	5,7%	28,3%
Subsetor Industrial	2,54	2,97	3,34	4,43	5,73	1,0%	29,3%
Subsetor Transportes	3,75	5,14	8,67	11,46	16,47	2,9%	43,7%
Outros Setores	7,73	6,86	6,87	8,86	9,56	1,7%	7,9%
Emissões Fugitivas	0,06	0,06	0,11	0,21	0,21	0,0%	0,0%
Processos Industriais	11,83	18,57	21,14	24,27	2,15	0,4%	-91,1%
Indústria Química	10,69	17,45	19,94	22,83	0,93	0,2%	-95,9%
Produção de Ácido Nítrico	1,81	2,05	2,09	2,24	0,80	0,1%	-64,3%
Produção de Ácido Adípico	8,63	15,08	17,51	20,29	0,13	0,0%	-99,4%
Outras Produções	0,25	0,32	0,34	0,30	0,00	0,0%	-100,0%
Produção de Metais	1,14	1,12	1,20	1,44	1,22	0,2%	-15,3%
Agropecuária	303,54	340,16	355,93	428,97	472,08	84,2%	10,0%
Manejo de Dejetos de Animais	10,03	11,49	11,49	12,82	14,83	2,6%	15,7%
Gado Bovino	2,90	3,07	2,98	3,29	3,46	0,6%	5,2%
Suínos	2,43	2,54	2,06	2,17	2,35	0,4%	8,3%
Aves	4,40	5,58	6,20	7,11	8,78	1,6%	23,5%
Outros Animais	0,30	0,30	0,25	0,25	0,24	0,0%	-4,0%
Solos Agrícolas	290,75	325,59	341,72	412,62	452,45	80,7%	9,7%
Emissões Diretas	184,07	205,28	213,85	257,09	282,31	50,4%	9,8%
Animais em Pastagem	129,73	140,20	140,12	167,45	170,24	30,4%	1,7%
Fertilizantes Sintéticos	9,81	14,27	21,28	27,51	35,74	6,4%	29,9%
Dejetos de Animais + vinhaça	14,90	16,40	15,88	17,81	21,33	3,8%	19,8%
Resíduos Agrícolas	15,32	19,80	21,66	29,11	39,49	7,0%	35,7%
Solos Orgânicos	14,31	14,61	14,91	15,21	15,51	2,8%	2,0%
Emissões Indiretas	106,68	120,31	127,87	155,53	170,14	30,4%	9,4%
Queima de Resíduos Agrícolas	2,76	3,08	2,72	3,53	4,80	0,9%	36,0%
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	42,56	106,98	81,96	125,25	47,08	8,4%	-62,4%
Tratamento de Resíduos (Efluente Doméstico)	4,32	4,83	5,68	6,61	7,21	1,3%	9,1%
TOTAL	**376,33**	**485,57**	**483,70**	**610,06**	**560,49**	**100,0%**	**-8,1%**

FIGURA 2.7

Participação nas emissões de N_2O (2005)

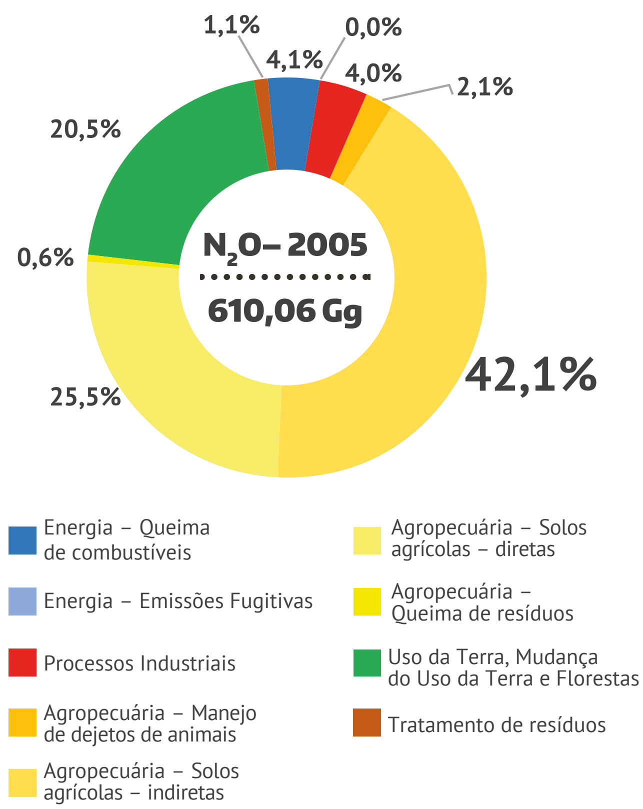


FIGURA 2.8

Participação nas emissões de N_2O (2010)

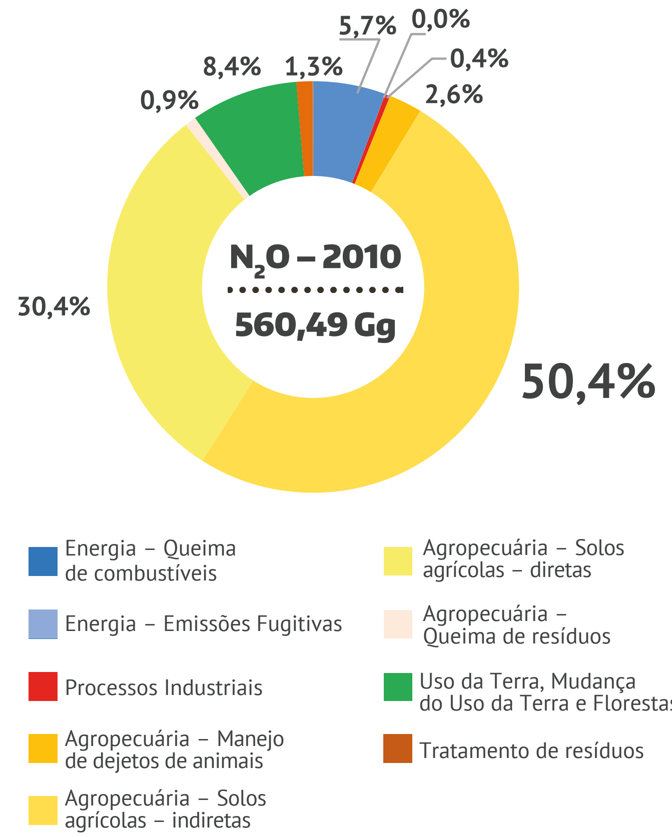
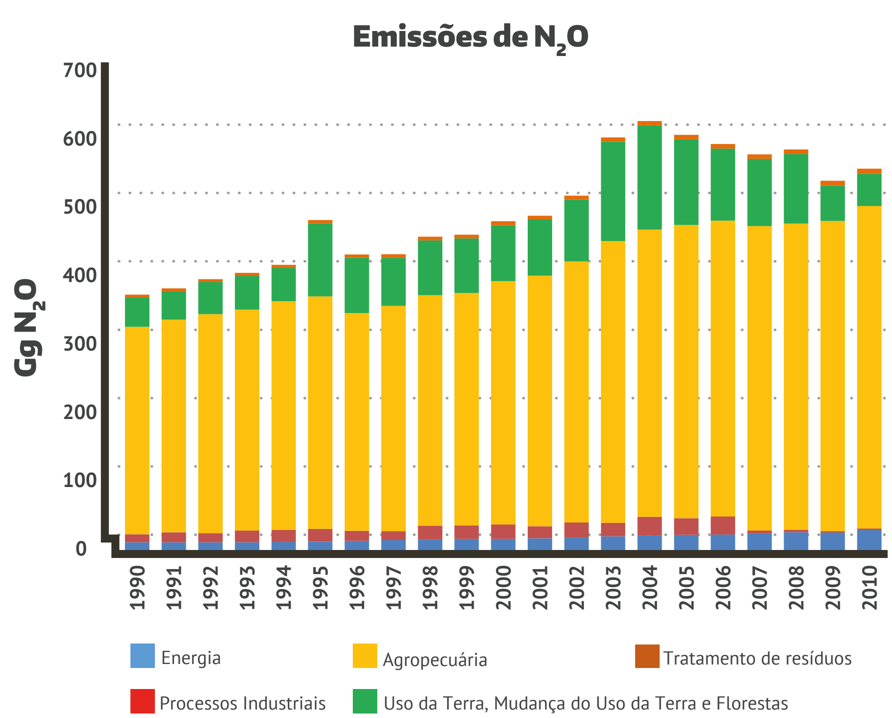


FIGURA 2.9

Evolução das emissões de N_2O por setor



2.4. EMISSÕES DE HIDROFLUORCARBONOS, PERFLUORCARBONOS E HEXAFLUORETO DE ENXOFRE

Os gases HFCs, PFCs e SF_6 não existem originalmente na natureza, sendo sintetizados unicamente por atividades humanas.

O Brasil não produz HFCs. Do principal gás dessa família no país (HFC-134a), foram importadas pouco mais de 7 mil t em 2010 para utilização no subsetor de ar-condicionado e refrigeração, com emissões fugitivas estimadas em 2.719,6 t HFC-134a nesse ano. As importações de outros componentes dessa família de gases totalizaram pouco mais de mil toneladas em 2010.

As emissões de PFCs (CF_4 e C_2F_6) ocorrem durante o processo produtivo de alumínio e resultam do efeito anódico que ocorre quando a quantidade de óxido de alumínio diminui nas cubas do processo eletrolítico. As emissões de PFCs foram estimadas em 76,7 t CF_4 e 5,9 t C_2F_6 em 2010, apontando redução de 38,1% e 43,3% em relação a 2005, respectivamente.

O SF_6 é utilizado como isolante em equipamentos elétricos de grande porte. Emissões desse gás ocorrem devido a perdas nos equipamentos, principalmente quando de sua manutenção ou descarte. Historicamente, esse gás era também utilizado no processo de produção do magnésio, para evitar a oxidação do metal em sua fase líquida, o que passou a não mais ocorrer desde 2010, devido a projeto MDL para substituição desse gás por SO_2. As emissões de SF_6 foram estimadas em 8,7 toneladas em 2010. Na Tabela 2.4 são sumarizadas as emissões de HFCs, PFCs e SF_6.

TABELA 2.4
Emissões de HFCs, PFCs e SF_6

GÁS	ATIVIDADE	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005-2010
		Gg					%
HFC-23	Produção de HCFC-22	0,1202	0,1530	0,0000	0,0000	0,0000	NA
HFC-32	Emissões potenciais	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1059	NA
HFC-125	Emissões potenciais	0,0000	0,0000	0,0071	0,1249	0,5012	301,2%
HFC-134a	Emissões reais pelo uso	0,0004	0,0028	0,4988	1,2279	2,7196	121,5%
HFC-143a	Emissões potenciais	0,0000	0,0000	0,0075	0,0929	0,4671	403,0%
HFC-152a	Emissões potenciais	0,0000	0,0000	0,0001	0,1748	0,0000	-100,0%
CF_4	Produção de alumínio	0,3022	0,3060	0,1465	0,1239	0,0767	-38,1%
C_2F_6	Produção de alumínio	0,0263	0,0264	0,0117	0,0104	0,0059	-43,3%
SF_6	Produção de magnésio	0,0058	0,0101	0,0103	0,0191	0,0000	-100,0%
	Equipamentos elétricos	0,0042	0,0041	0,0050	0,0061	0,0087	42,6%
	Total SF_6	0,0100	0,0142	0,0153	0,0252	0,0087	-65,5%

2.5. GASES DE EFEITO ESTUFA INDIRETO

Diversos gases possuem influência nas reações químicas que ocorrem na troposfera e dessa forma exercem um papel indireto no aumento do efeito radiativo. Esses gases incluem CO, NO_x e NMVOC. As emissões desses gases são, em sua maioria, resultado de atividades humanas.

As emissões de CO e NO_x são, em sua quase totalidade, resultado da queima imperfeita, seja de combustíveis no setor de Energia, seja de resíduos no setor de Agropecuária ou biomassa em áreas de desflorestamento no setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas. Pequena parcela das emissões de CO resulta de processos produtivos, basicamente da produção de alumínio; em relação ao NO_x, as emissões restantes também ocorrem no setor de Processos Industriais, resultado da produção de ácido nítrico e alumínio. As emissões de CO diminuíram 49,7% entre 2005 e 2010 e as emissões de NO_x foram reduzidas em 15,7% no mesmo período, principalmente devido a redução das taxas de desmatamento no Brasil.

As emissões de NMVOC são também, em sua maioria, resultado da produção e uso de solventes (74,4% em 2010), mas também resultam da queima imperfeita de combustíveis (14,1% em 2010) ou dos processos da indústria (11,5% em 2010).

As Tabelas 2.5, 2.6 e 2.7 apresentam as emissões de CO, NO_x e NMVOC, respectivamente.

TABELA 2.5

Emissões de CO

SETOR	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005-2010
	Gg					%	
Energia	9.592,6	9.636,3	8.181,0	8.194,7	7.695,9	22,0%	-6,1%
Queima de Combustíveis Fósseis	9.592,6	9.636,3	8.181,0	8.194,7	7.695,9	22,0%	-6,1%
Subsetor Energético	1.398,0	1.208,5	1.104,3	1.528,1	1.617,9	4,6%	5,9%
Subsetor Industrial	758,1	815,1	1.036,8	1.283,5	1.710,3	4,9%	33,3%
Indústria Siderúrgica	2,5	3,2	8,2	11,4	11,4	0,0%	0,0%
Alimentos e Bebidas	182,3	175,8	187,5	204,8	260,9	0,7%	27,4%
Outras Indústrias	573,3	636,1	841,1	1.067,3	1.438,0	4,1%	34,7%
Subsetor Transporte	5.902,9	6.419,3	4.776,2	3.807,3	2.933,7	8,4%	-22,9%
Transporte Rodoviário	5.856,4	6.373,4	4.724,6	3.761,8	2.875,0	8,2%	-23,6%
Outros Transportes	46,5	45,9	51,6	45,5	58,7	0,2%	29,0%
Subsetor Residencial	1.443,2	1.098,7	1.172,3	1.468,4	1.306,7	3,7%	-11,0%
Outros setores	90,4	94,7	91,4	107,4	127,3	0,4%	18,5%
Processos Industriais	900,8	778,0	790,5	1.022,4	809,6	2,3%	-20,8%
Produção de Ferro-gusa e aço	775,0	656,2	676,1	867,3	633,2	1,8%	-27,0%
Produção de Ferroligas	60,8	64,2	72,5	96,7	96,7	0,3%	0,0%

continua na próxima página

SETOR	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005-2010
	Gg					%	
Produção de Não ferrosos	44,4	27,6	3,7	4,6	4,9	0,0%	6,5%
Outras produções	20,6	30,0	38,2	53,8	74,8	0,2%	39,0%
Agropecuária	3.627,6	4.045,8	3.576,4	4.644,4	6.313,5	18,0%	35,9%
Queima de algodão	128,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	NA
Queima de cana-de-açúcar	3.499,2	4.045,8	3.576,4	4.644,4	6.313,5	18,0%	35,9%
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	18.429,4	48.855,6	35.879,9	55.810,0	20.231,4	57,7%	-63,7%
TOTAL	**32.550,4**	**63.315,7**	**48.427,8**	**69.671,5**	**35.050,4**	**100,0%**	**-49,7%**

TABELA 2.6
Emissões de NO_x

SETOR	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005-2010
	Gg					%	
Energia	1.639,8	1.977,5	2.273,3	2.346,4	2.567,1	74,9%	9,4%
Queima de Combustíveis Fósseis	1.639,8	1.977,5	2.273,3	2.346,4	2.567,1	74,9%	9,4%
Subsetor Energético	214,9	266,6	395,0	479,8	577,5	16,8%	20,4%
Subsetor Industrial	134,8	169,9	222,7	242,9	286,6	8,4%	18,0%
Indústria Siderúrgica	10,4	12,3	11,1	12,1	12,0	0,3%	-0,8%
Outras Indústrias	124,4	157,6	211,6	230,8	274,6	8,0%	19,0%
Subsetor Transporte	1.138,8	1.352,6	1.457,4	1.414,0	1.459,7	42,6%	3,2%
Transporte Rodoviário	1021,6	1.237,5	1.355,3	1.287,4	1.290,6	37,6%	0,2%
Outros Transportes	117,2	115,1	102,1	126,6	169,1	4,9%	33,6%
Subsetor Residencial	29,2	26,3	28,5	31,3	30,6	0,9%	-2,2%
Outros setores	122,1	162,1	169,7	178,4	212,7	6,2%	19,2%
Processos Industriais	42,1	53,2	94,9	125,2	100,8	2,9%	-19,5%
Produção de metais	36,0	44,5	84,0	110,1	80,1	2,3%	-27,2%
Outras produções	6,1	8,7	10,9	15,1	20,7	0,6%	37,1%
Agropecuária	98,6	109,9	97,2	126,2	171,6	5,0%	36,0%
Queima de algodão	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	NA
Queima de cana-de-açúcar	95,1	109,9	97,2	126,2	171,6	5,0%	36,0%
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	526,7	1.196,0	993,8	1.470,3	589,9	17,2%	-59,9%
TOTAL	**2.307,2**	**3.336,6**	**3.459,2**	**4.068,1**	**3.429,4**	**100,0%**	**-15,7%**

TABELA 2.7
Emissões de NMVOC

SETOR	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005-2010
	Gg					%	
Energia	1.167,5	1.104,8	987,4	1.061,5	900,5	14,1%	-15,2%
Queima de Combustíveis Fósseis	1.167,5	1.104,8	987,4	1.061,5	900,5	14,1%	-15,2%
Subsetor Energético	337,4	271,6	249,5	328,9	251,6	3,9%	-23,5%
Subsetor Industrial	31,2	31,2	41,7	48,6	67,3	1,1%	38,5%
Indústria Siderúrgica	1,1	1,3	1,2	1,4	1,6	0,0%	14,3%
Alimentos e Bebidas	9,2	9,2	9,7	11,1	14,5	0,2%	30,6%
Outras Indústrias	20,9	20,7	30,8	36,1	51,2	0,8%	41,8%
Subsetor Transporte	541,5	596,2	481,5	417,4	331,3	5,2%	-20,6%
Transporte Rodoviário	534,9	589,9	475,3	410,4	322,0	5,0%	-21,5%
Outros Transportes	6,6	6,3	6,2	7,0	9,3	0,1%	32,9%
Subsetor Residencial	216,5	164,9	175,9	220,3	196,1	3,1%	-11,0%
Outros setores	40,9	40,9	38,8	46,3	54,2	0,8%	17,1%
Processos Industriais	345,0	426,2	532,8	616,6	736,8	11,5%	19,5%
Indústria química	26,6	31,4	43,0	49,1	61,2	1,0%	NA
Produção de Metais	24,3	22,0	23,3	29,1	23,0	0,4%	-21,0%
Papel e celulose	13,3	19,2	24,6	34,8	48,5	0,8%	39,4%
Produção de alimentos	110,5	179,7	252,8	338,8	407,2	6,4%	20,2%
Produção de bebidas	170,3	173,9	189,1	164,8	196,9	3,1%	19,5%
Uso de Solventes	2.338,9	2.286,9	3.154,0	2.982,2	4.749,9	74,4%	59,3%
TOTAL	**3.851,4**	**3.817,9**	**4.674,2**	**4.660,3**	**6.387,2**	**100,0%**	**37,1%**

Emissões de Gases de Efeito Estufa em CO_2e

Neste Inventário, optou-se por continuar relatando as emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal apenas em unidades de massa de cada gás de efeito estufa. Contudo, optou-se por apresentar em um box, apenas para fins de informação, os resultados do Inventário utilizando diferentes métricas de conversão das emissões dos diferentes gases de efeito estufa em emissões equivalentes de CO_2. Segundo a Decisão 17/CP.8 da Convenção do Clima, que regula como os países em desenvolvimento devem relatar suas emissões, o inventário deve ser entregue em unidades naturais. Caso o país queira relatar suas emissões em equivalentes de dióxido de carbono (CO_2e), poderia usar os valores do Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential – GWP*) para um horizonte de 100 anos, publicados no Segundo Relatório de Avaliação do IPCC (SAR). Essa opção não foi adotada pelo Brasil no seu Inventário Inicial (MCTI, 2004), mas foi comentada no Segundo Inventário (MCTI, 2010).

O GWP baseia-se na relativa importância dos gases de efeito estufa, em relação ao dióxido de carbono, na produção de uma quantidade de energia (por área unitária) vários anos após um impulso de emissão. Essa métrica caracteriza-se por integrar a forçante radioativa (RF) de um pulso de emissão de determinada substância em um horizonte temporal selecionado. Desde o Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC (TAR) (IPCC, 2001), tem-se concluído que a RF é uma ferramenta útil para estimar em primeira ordem a relação global entre impactos do clima e diferentes mecanismos de mudança climática (RAMASWAMY, et al., 2001), sendo que o valor da forçante radioativa pode ser usado para estimar o equilíbrio global relativo à mudança da temperatura média da superfície em função dos diferentes agentes que atuam no sistema.

Embora o uso do GWP-SAR seja sugerido para inventários de Partes não Anexo I, os relatórios de avaliação periódicos do IPCC apresentam novos valores para o GWP dos gases. A partir do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (AR5) (IPCC, 2014), publicação mais recente sobre o tema, aparecem pela primeira vez os valores para o Potencial de Temperatura Global (*Global Temperature Potential – GTP*), que o Brasil também considera importante. Segundo o IPCC, o GTP caracteriza-se por ser uma métrica *end-point* baseada na mudança de temperatura, ou seja, está correlacionada com a mudança na temperatura média da superfície global, em um horizonte temporal selecionado, em resposta a um impulso de emissão.

Segundo o IPCC (2014) "a métrica e o horizonte de tempo mais adequados dependerão de quais aspectos da mudança do clima são considerados mais importantes a um uso em particular. Nenhuma métrica é capaz de comparar, de maneira precisa, todas as consequências de diferentes emissões e todas têm limitações e incertezas".[1] O IPCC afirma, ainda, que a métrica de *Global Temperature Potential* (GTP, potencial de temperatura global) é mais adequada para políticas baseadas em metas, enquanto o GWP não está diretamente relacionado a um limite de temperatura como a meta de 2°C[2]. Diante disso, a métrica de GTP é a mais consistente com uma contribuição para conter o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais.

Para uma avaliação, neste Terceiro Inventário são apresentados os resultados utilizando-se três conjuntos de valores de ponderação: o GWP-SAR, determinado pela Decisão 17/CP.8, o GWP-AR5, com a ciência mais atualizada, e o GTP-AR5, antiga reinvindicação do Brasil. Na Tabela I são apresentados os valores anteriores do GWP pelo SAR (IPCC, 1995) e os do AR5 (IPCC, 2014), para GWP e GTP.

---

1 *IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In:* Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change *[Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. SPM D.2 p.15.*

2 *Ver Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In:* Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change *[Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. pp. 710-720.*
Ver também Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, L.V. Alexander, S.K. Allen, N.L. Bindoff, F.-M. Bréon, J.A. Church, U. Cubasch, S. Emori, P. Forster, P. Friedlingstein, N. Gillett, J.M. Gregory, D.L. Hartmann, E. Jansen, B. Kirtman, R. Knutti, K. Krishna Kumar, P. Lemke, J. Marotzke, V. Masson-Delmotte, G.A. Meehl, I.I. Mokhov, S. Piao, V. Ramaswamy, D. Randall, M. Rhein, M. Rojas, C. Sabine, D. Shindell, L.D. Talley, D.G. Vaughan and S.-P. Xie, 2013: Technical Summary. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change *[Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. pp. 58-59.*

TABELA I

Fatores para GWP (100 anos) e GTP (100 anos)

GÁS	GWP 100 ANOS SAR-1995	GWP 100 ANOS AR5-2014	GTP 100 ANOS AR5-2014
CO_2	1	1	1
CH_4	21	28	4
$CH_{4\ fóssil}$	21	30	6
N_2O	310	265	234
HFC-23	11.700	12.400	12.700
HFC-32	650	677	94
HFC-125	2.800	3.170	967
HFC-134a	1.300	1.300	201
HFC-143a	3.800	4.800	2.500
HFC-152	140	16	2
CF_4	6.500	6.630	8.040
C_2F_6	9.200	11.100	13.500
SF_6	23.900	23.500	28.200

FIGURA I

Evolução das emissões em CO_2e por diferentes métricas, 1990 a 2010

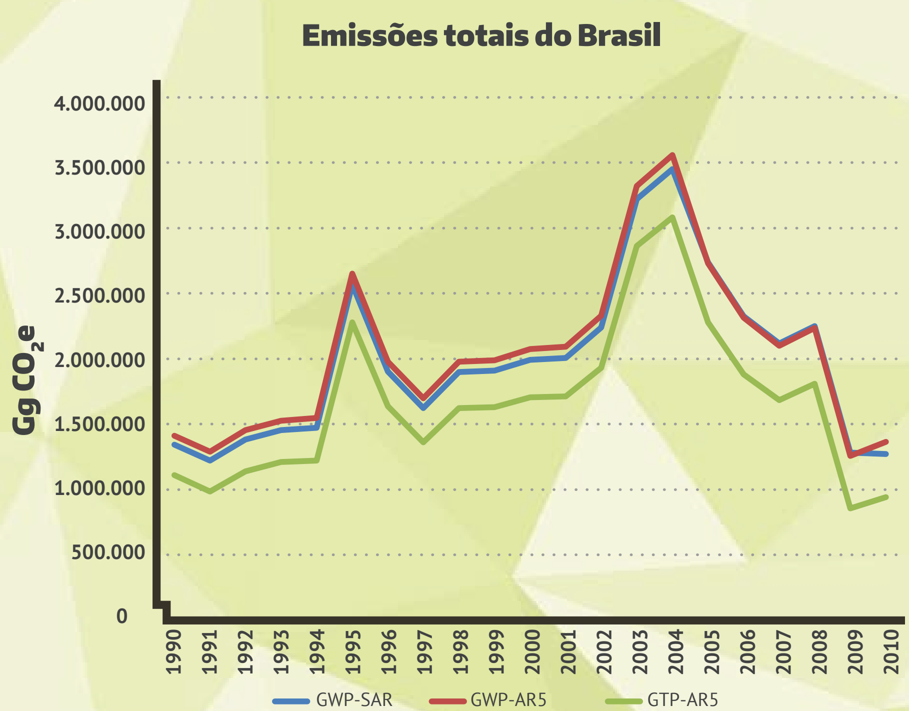


TABELA II

Emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa em CO_2e convertidas por meio das métricas GTP e GWP, por setor

GWP-SAR	CO_2e (Gg)				
	1990	1995	2000	2005	2010
ENERGIA	185.808	223.727	284.273	312.747	371.086
PROCESSOS INDUSTRIAIS	52.059	65.625	75.581	80.517	89.947
AGROPECUÁRIA	286.998	316.671	328.367	392.491	407.067
USO DA TERRA, MUDANÇA DO USO DA TERRA E FLORESTAS	792.038	1.931.478	1.265.606	1.904.666	349.173
TRATAMENTO DE RESÍDUOS	26.006	31.370	38.693	45.476	54.127
TOTAL	1.342.909	2.568.872	1.992.520	2.735.898	1.271.399
GWP-AR5	**CO_2e (Gg)**				
	1990	1995	2000	2005	2010
ENERGIA	189.319	226.707	287.395	316.985	374.554
PROCESSOS INDUSTRIAIS	52.038	65.283	75.000	79.972	90.866
AGROPECUÁRIA	337.636	371.773	385.027	459.692	472.734
USO DA TERRA, MUDANÇA DO USO DA TERRA E FLORESTAS	797.413	1.946.934	1.276.260	1.921.694	355.002
TRATAMENTO DE RESÍDUOS	34.027	41.084	50.717	59.613	71.041
TOTAL	1.410.434	2.651.780	2.074.399	2.837.956	1.364.197
GTP-AR5	**CO_2e (Gg)**				
	1990	1995	2000	2005	2010
ENERGIA	175.786	214.877	274.522	299.773	358.464
PROCESSOS INDUSTRIAIS	51.110	64.324	73.021	76.380	84.644
AGROPECUÁRIA	107.774	119.828	124.817	149.809	160.125
MUDANÇA DE USO DA TERRA E FLORESTAS	771.096	1.874.123	1.224.546	1.840.104	326.293
TRATAMENTO DE RESÍDUOS	5.725	6.883	8.440	9.921	11.713
TOTAL	1.111.490	2.280.035	1.705.347	2.375.987	941.239

FIGURA II

Emissões em CO_2e por diferentes métricas e por setor em 2010. (A) em GWP-SAR, (B) em GWP-AR5 e (C) em GTP do AR5

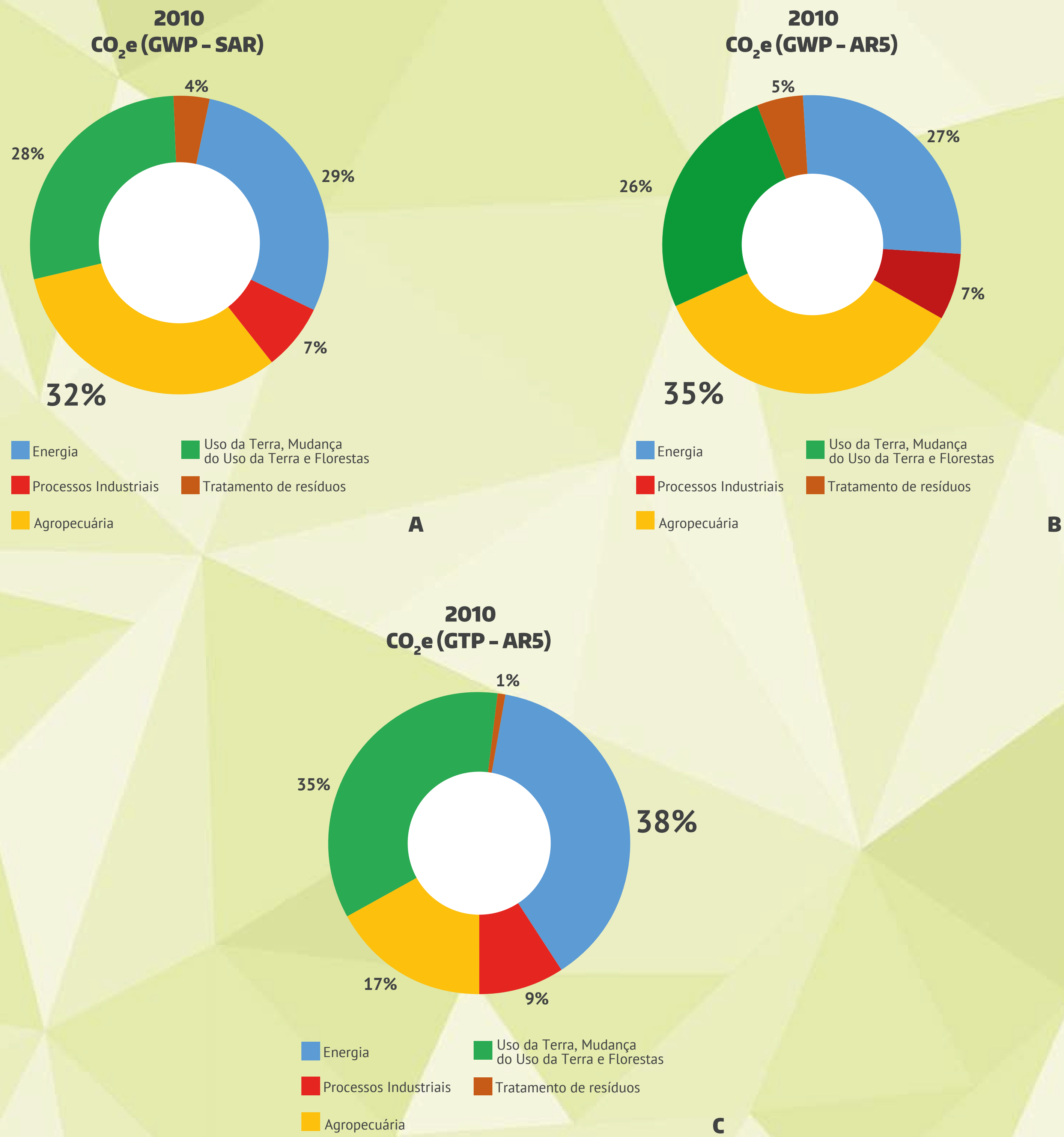
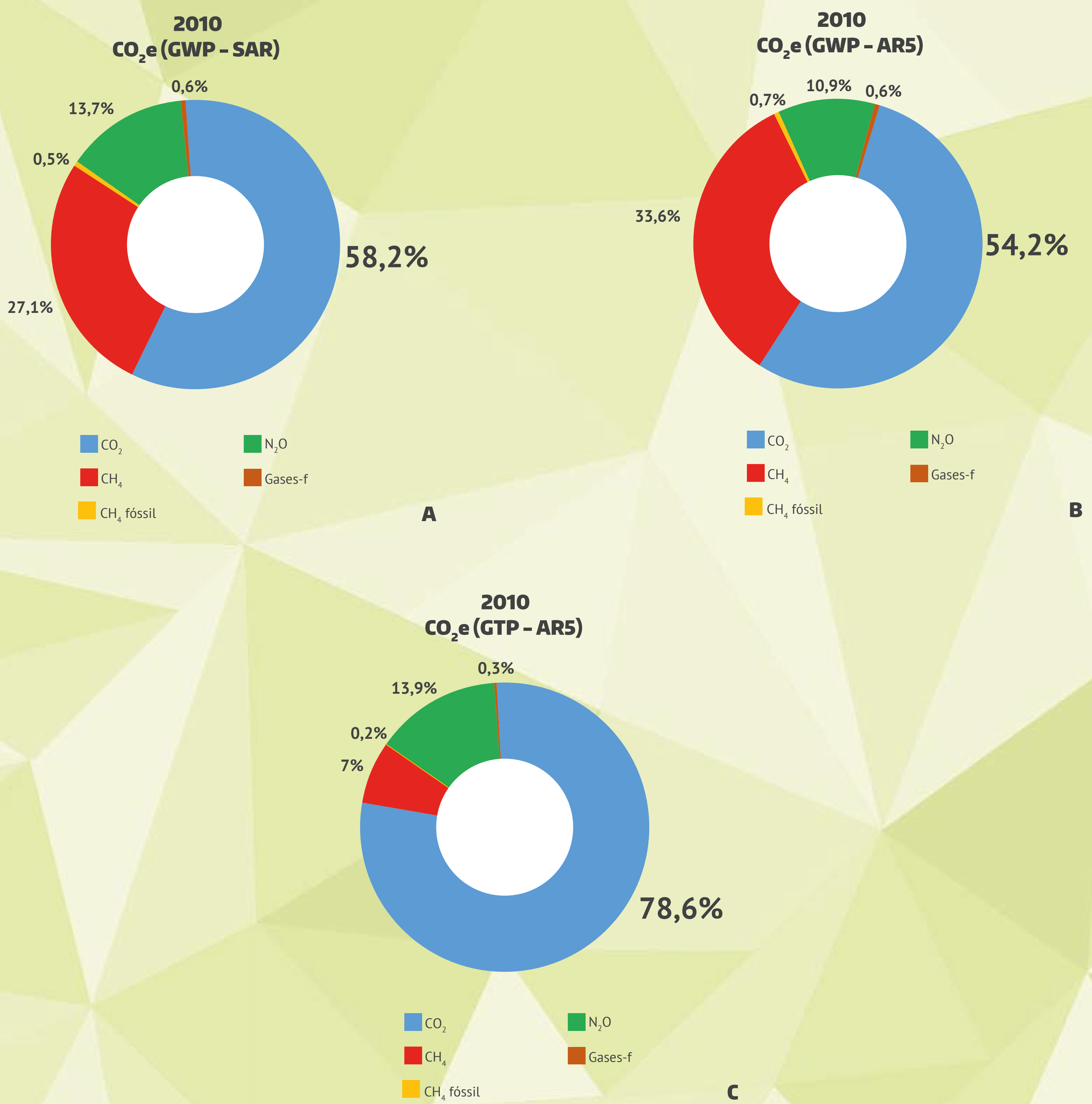


FIGURA III

Emissões em CO_2e por diferentes métricas e por gás em 2010. (A) em GWP-SAR, (B) em GWP-AR5 e (C) em GTP do AR5





CAPÍTULO III

EMISSÕES ANTRÓPICAS POR FONTES E REMOÇÕES POR SUMIDOUROS DE GASES DE EFEITO ESTUFA POR SETOR



CAPÍTULO III

EMISSÕES ANTRÓPICAS POR FONTES E REMOÇÕES POR SUMIDOUROS DE GASES DE EFEITO ESTUFA POR SETOR

3.1. ENERGIA

3.1.1. Características da Matriz Energética Brasileira

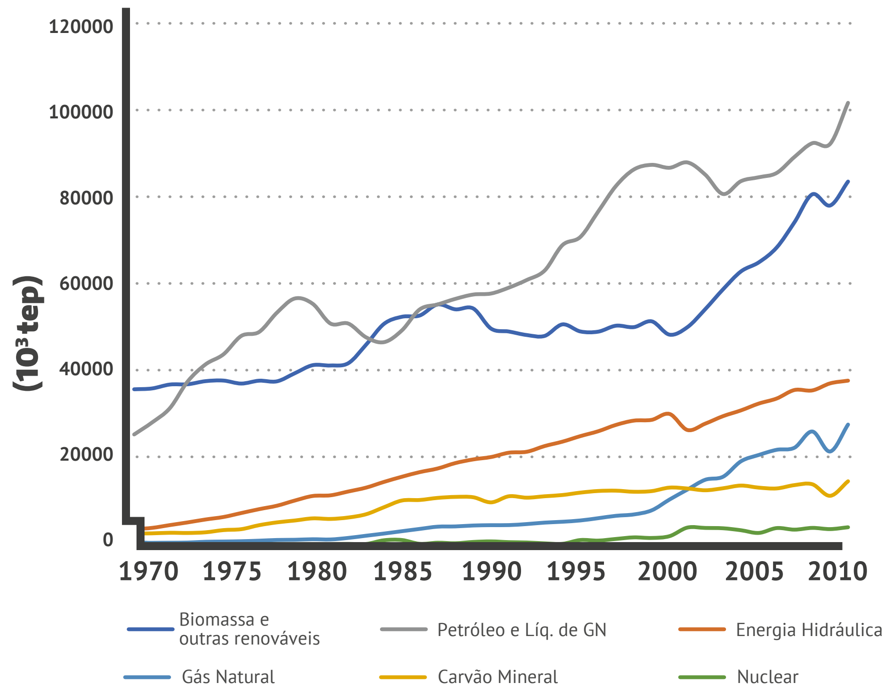
A matriz energética brasileira caracteriza-se pela grande participação das fontes renováveis, o que se deve, em parte, ao seu estado atual de desenvolvimento e à carência, até a década de 1970, de recursos energéticos fósseis. A forte dependência do petróleo importado tornou o país vulnerável a choques de petróleo. Isto aliado à disponibilidade de terras propiciou alguns usos comerciais da biomassa, principalmente álcool no transporte rodoviário e carvão vegetal na siderurgia, fazendo com que o Brasil se destacasse na busca por alternativas às fontes de combustíveis fósseis.

Para compreender a política brasileira em relação às energias fósseis o comportamento da demanda de combustíveis e as emissões de gases de efeito estufa, é preciso considerar a variação dos preços do petróleo, em termos reais e ao longo dos anos. Os dois primeiros choques de petróleo ocorreram em 1973 e em 1979, tendo este último acarretado impactos graves para a economia brasileira que, na época, era fortemente dependente da exportação de *commodities* em geral e da importação de petróleo. Em 1986, houve o que se pode chamar de "contrachoque", quando o preço médio do barril caiu significativamente. Um terceiro choque (ou uma mudança estrutural de preços) começou a ocorrer a partir de 2005 e vem contribuindo para a alavancagem da indústria de petróleo doméstica.

Com relação à oferta interna bruta de energia, é possível observar na Figura 3.1 o efeito dos choques de preço de 1979 e início de 2000, reduzindo a demanda de petróleo nos anos imediatamente subsequentes e aumentando a de biomassa. Também aparece o incremento da demanda de petróleo após o "contrachoque" de 1986. A redução da demanda de petróleo depois do ano 2000 tem relação com a entrada do gás natural da Bolívia no mercado. No entanto, observa-se claramente uma retomada da demanda de biomassa. Com relação à mudança estrutural nos preços do petróleo a partir de 2005, mesmo com o aumento do patamar de preços, houve um forte crescimento da demanda por energia, atendido principalmente pelo crescimento da oferta de gás natural e de biomassa.

FIGURA 3.1

Oferta Interna Bruta, por fonte (mil tep)



Fonte: BRASIL (2013).

Em 2010, as fontes primárias de origem fóssil representaram aproximadamente 54% da oferta interna bruta de energia. Dessas fontes, o petróleo e seus derivados foram responsáveis pela maior contribuição, seguidos pelo gás natural. No período de 1990 a 2010, registra-se um aumento do consumo de combustíveis fósseis de quase 100%, passando de 72.207 para 143.831 mil tep. Observa-se um aumento bastante expressivo do consumo de gás natural no período assinalado.

A evolução do consumo final de energia pode ser observada na Tabela 3.1, que apresenta valores quinquenais de consumo, em mil tep, por energético, a partir de 1990. Observa-se no período de 1990 a 2010, coberto pelo Inventário, um aumento do consumo energético de cerca de 123 para 228 mil tep3. Em 2010, tal qual em 1990, o óleo diesel mantém destaque tendo contribuído com 18,2% do consumo energético total no país. Ressalta-se que apenas os valores referentes ao consumo energético, como combustível, tem suas emissões estimadas neste relatório, juntamente aos valores referentes a *bunker*. Os demais valores (consumo como redutor, matéria-prima e produtos de uso não energético) estão computados no capítulo referente a Processos Industriais e Uso de Produtos.

---

3 Tonelada equivalente de petróleo.

TABELA 3.1
Consumo de energia final por fonte

FONTE	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(10^3 tep)					(%)	
Óleo Diesel	20.851	25.468	30.903	34.277	41.481	18,2%	21,0%
Gás Natural seco	1.536	3.028	5.992	14.670	19.048	8,3%	29,8%
Gasolina Automotiva	7.279	10.823	13.205	13.595	17.525	7,7%	28,9%
GLP	5.476	6.426	7.836	7.121	7.701	3,4%	8,1%
Óleo Combustível	10.128	11.823	11.573	7.270	6.068	2,7%	-16,5%
Coque de Petróleo	41	155	2.564	2.761	4.514	2,0%	63,5%
Gás Refinaria	1.572	1.979	2.841	3.749	3.979	1,7%	6,1%
Gás Natural úmido	740	249	1.292	2.016	3.382	1,5%	67,8%
Querosene de Aviação	1.366	1.534	2.016	2.069	3.205	1,4%	54,9%
Outros energéticos de petróleo	957	1.440	2.179	2.133	2.219	1,0%	4,0%
Carvões sub-bituminosos	1.166	1.058	1.706	1.323	1.852	0,8%	39,9%
Gás de coqueria	1.324	1.489	1.415	1.467	1.738	0,8%	18,4%
Lignito	696	831	884	792	455	0,2%	-42,6%
Carvões coqueificáveis	92	394	720	803	439	0,2%	-45,4%
Outras primárias não renováveis	25	22	65	141	119	0,1%	-15,8%
Alcatrão	143	210	100	50	106	0,0%	113,0%
Coque de carvão mineral	99	0	1	122	104	0,0%	-15,1%
Gasolina de Aviação	48	48	58	42	53	0,0%	26,5%
Outros Carvões Betuminosos	0	0	0	0	12	0,0%	-
Querosene Iluminante	188	101	56	25	7	0,0%	-71,9%
Carvão Vapor	0	0	0	0	0	0,0%	-
Nafta	0	30	4	0	0	0,0%	-
Gás Rio (gás canalizado)	148	103	86	0	0	0,0%	-
Gás SP (gás canalizado)	132	17	0	0	0	0,0%	-
Subtotal fósseis	**54.008**	**67.228**	**85.495**	**94.428**	**114.006**	**49,9%**	**20,7%**
Bagaço	11.666	14.875	14.122	22.675	34.146	14,9%	50,6%
Lenha	28.548	23.271	23.067	28.420	25.997	11,4%	-8,5%
Álcool Hidratado	5.208	5.072	2.776	2.885	8.251	3,6%	186,0%
Lixívia	1.315	2.112	2.895	4.252	6.052	2,6%	42,3%

continua na próxima página

FONTE	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(10^3 tep)					(%)	
Álcool Anidro	650	1.801	3.046	4.079	3.790	1,7%	-7,1%
Biodiesel	0	0	0	0	2.033	0,9%	-
Outras primárias (biomassa)	382	470	570	849	1.165	0,5%	37,3%
Carvão vegetal	1.156	826	718	866	723	0,3%	-16,6%
Outras primárias (biogás)	0	0	0	0	5	0,0%	-
Subtotal biomassa	**48.926**	**48.427**	**47.195**	**64.025**	**82.162**	**36,0%**	**28,3%**
Consumo final como redutor na indústria							
Coque de carvão mineral	5.036	6.811	6.508	6.298	7.413	3,2%	17,7%
Carvão vegetal	4.983	4.091	4.098	5.382	3.950	1,7%	-26,6%
Carvões coqueificáveis	0	297	1.843	2.490	2.385	1,0%	-4,2%
Coque de petróleo	350	491	755	1.059	819	0,4%	-22,7%
Outros carvões betuminosos	0	0	0	0	0	0,0%	-
Consumo final como matéria-prima na indústria							
Nafta	4.969	5.957	8.094	7.277	7.601	3,3%	4,4%
Gás Natural (Úmido e Seco)	896	841	731	747	1.453	0,6%	94,4%
Álcool Hidratado	459	548	515	284	438	0,2%	54,1%
Álcool Anidro	32	64	122	74	149	0,1%	102,4%
Alcatrão	109	67	142	160	143	0,1%	-10,9%
Gás de Refinaria	246	291	172	156	98	0,0%	-36,9%
Querosene	81	34	51	19	11	0,0%	-41,3%
Consumo final de produtos de uso não energético							
Outros não energéticos de petróleo	1.080	856	1.480	1.179	3.435	1,5%	191,4%
Asfalto	1.283	1.244	1.742	1.461	2.793	1,2%	91,2%
Lubrificantes	698	674	821	856	1.106	0,5%	29,3%
Solventes	219	276	424	1.005	462	0,2%	-54,0%
Total							
Subtotal de uso como combustível	**102.934**	**115.655**	**132.689**	**158.452**	**196.168**	**85,9%**	**23,8%**
Subtotal de uso como redutor	**10.369**	**11.690**	**13.203**	**15.229**	**14.567**	**6,4%**	**-4,3%**
Subtotal de uso como matéria-prima	**6.793**	**7.802**	**9.828**	**8.718**	**9.893**	**4,3%**	**13,5%**
Subtotal de produtos de uso não energético	**3.279**	**3.051**	**4.467**	**4.500**	**7.797**	**3,4%**	**73,3%**
Total do consumo final energético	**123.375**	**138.199**	**160.188**	**186.899**	**228.424**	**100%**	**22,2%**

continua na próxima página

FONTE	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(10^3 tep)					(%)	
Consumo final como bunker							
Óleo Combustível Bunker	396	1.106	2.182	2.537	3.228	54,7%	27,3%
Querosene + Gasolina Bunker	1.458	1.510	1.545	1.573	1.932	32,7%	22,9%
Óleo Diesel Bunker	141	181	626	593	743	12,6%	25,3%
Total bunker	**1.995**	**2.798**	**4.353**	**4.702**	**5.903**	**100,0%**	**25,6%**

Fonte: BRASIL (2013).

Setorialmente, observa-se um maior consumo de energéticos por parte dos subsetores industrial e de transportes. O subsetor industrial aumenta sua participação no consumo energético total entre 1990 e 2010, que passa de 22,7% para 27,2%, abaixo do subsetor de transportes, que passa de 31% para 35,4%, com um aumento de 34% no consumo energético de 2005 à 2010, contra 23,8% para combustíveis na indústria, como pode ser observado na Tabela 3.2.

A evolução do consumo final de energia, por subsetor, pode ser visualizada na Figura 3.2, para o período de 1990 a 2010.

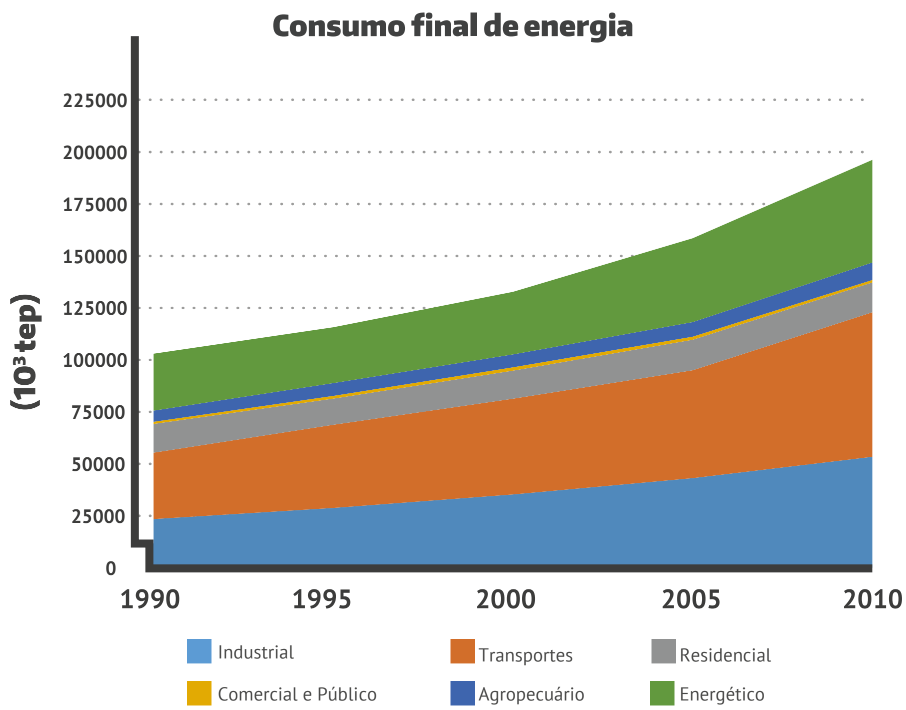
TABELA 3.2

Consumo final de energia, por subsetor

SUBSETOR E USO	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO EM 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(10^3 tep)					(%)	
Energético	**27.379**	**26.855**	**30.092**	**40.322**	**49.370**	**25,2%**	**22,4%**
Consumo do Setor Energético	11.421	12.096	11.948	16.479	21.956	11,2%	33,2%
Centrais Termelétricas	3.173	4.663	8.857	11.670	18.777	9,6%	60,9%
Carvoarias	12.785	10.096	9.288	12.173	8.637	4,4%	-29,0%
Industrial	**23.406**	**28.757**	**35.251**	**43.090**	**53.344**	**27,2%**	**23,8%**
Transportes	**31.924**	**39.991**	**46.033**	**51.872**	**69.521**	**35,4%**	**34,0%**
Residencial	**13.821**	**12.575**	**13.497**	**14.672**	**14.342**	**7,3%**	**-2,3%**
Comercial e Público	**1.050**	**1.327**	**1.615**	**1.488**	**1.191**	**0,6%**	**-20,0%**
Agropecuário	**5.354**	**6.150**	**6.202**	**7.009**	**8.400**	**4,3%**	**19,8%**
Consumo final energético	**102.934**	**115.655**	**132.689**	**158.452**	**196.168**	**100,0%**	**23,8%**

FIGURA 3.2

Consumo final de energia, por subsetor



Na seção a seguir são estimadas as emissões de gases de efeito estufa devido à produção, transformação, transporte e consumo de energia, divididas em duas subseções: emissões por queima de combustíveis e emissões fugitivas.

3.1.2. Emissões por Queima de Combustíveis

O processo de combustão gera essencialmente CO_2 pela oxidação do carbono contido nos combustíveis, liberando energia. Essa queima é, contudo, imperfeita e, como consequência, também são produzidos CH_4, CO e NMVOC. Como efeito secundário, ocorre também a geração de N_2O e NO_x.

3.1.2.1. Emissões de CO_2 por queima de combustíveis

As emissões de CO_2 do Brasil, originadas da queima de combustíveis, foram estimadas utilizando as duas metodologias do IPCC (IPCC, 1997): a abordagem de referência ou *Top-down*, na qual as emissões de CO_2 são calculadas a partir da oferta de combustível; e a abordagem setorial, ou *Bottom-up,* na qual as emissões de CO_2 são calculadas a partir do consumo final energético de cada subsetor. Apenas as emissões de CO_2 correspondentes aos combustíveis fósseis são consideradas neste capítulo e contabilizadas no total nacional. As emissões resultantes da queima de biomassa como combustível são consideradas nulas pelo IPCC, já que decorrem do processo de fotossíntese, sendo aqui apresentadas apenas a título de informação, como pode ser observado na Tabela 3.3.

As emissões provenientes do consumo da biomassa não renovável são contempladas em outro módulo metodológico específico – Mudança do Uso da Terra e Florestas (*Land–Use Change and Forestry*) (IPCC, 2006).

As estimativas de emissão baseiam-se nos dados de produção e consumo por fonte energética, obtidos do Balanço Energético Nacional (BEN) (BRASIL, 2013), que anteriormente era publicado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e em anos recentes, passou a ser publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), empresa subordinada ao MME.

Especificamente para a abordagem setorial foram utilizadas as três edições do Balanço de Energia Útil (BEU) (BRASIL, 2006) disponíveis no Brasil (1983, 1993 e 2003), visando à desagregação do consumo de combustíveis entre as destinações finais. O BEU fornece o quadro da destinação de cada energético, em energia final, por tipo de uso para os diversos setores, bem como as respectivas eficiências. Entre as destinações disponíveis, são relevantes para as emissões: Força Motriz, Calor de Processo, Aquecimento Direto, Refrigeração, Iluminação, Eletroquímica e Outros.

As principais fontes de dados para os fatores de emissão adotados foram o *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2006) e o EMEP/EEA *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2013* (EMEP/EEA, 2013). Em alguns casos foram desenvolvidos e adotados fatores de emissão específicos para avaliar as emissões dos diferentes gases.

Top-down

A metodologia *Top–down* consiste num procedimento simples, onde as emissões da queima de combustíveis são calculadas a partir de dados agregados sobre a oferta de combustíveis em uma determinada economia. Para tanto, utiliza o conceito de consumo aparente, pelo qual soma-se à produção de combustíveis primários, a importação de combustíveis primários e secundários, e subtrai-se a exportação de combustíveis primários e secundários, de *bunkers* e a variação de estoque (que pode ser positiva ou negativa).

As emissões de uso não energético de combustíveis são contabilizadas pelas novas Diretrizes (IPCC, 2006) em Processos Industriais e Uso de Produtos. Referem-se a matérias-primas da indústria química (parte da oferta de nafta, gás de refinaria, gás natural, querosene iluminante, álcool anidro e hidratado e alcatrão), redutores na siderurgia (parte da oferta de coque de carvão mineral e de petróleo e carvão betuminoso, coqueificável e vegetal) e produtos de uso não energético (totalidade da oferta de lubrificantes, asfalto, outros produtos não energéticos de petróleo e solventes) entre outros.

Na abordagem *Top-down*, as fontes de energia são separadas por estado físico do produto primário, correspondendo fundamentalmente a petróleo, seus derivados e líquidos de gás natural (líquidos), carvão e seus derivados (sólidos) e gás natural seco (gasosos). Na Tabela 3.3, são apresentados os resultados das emissões de CO_2 estimadas pelo método *Top-down* para os anos de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010, e na Figura 3.3 a participação de biomassa e fósseis.

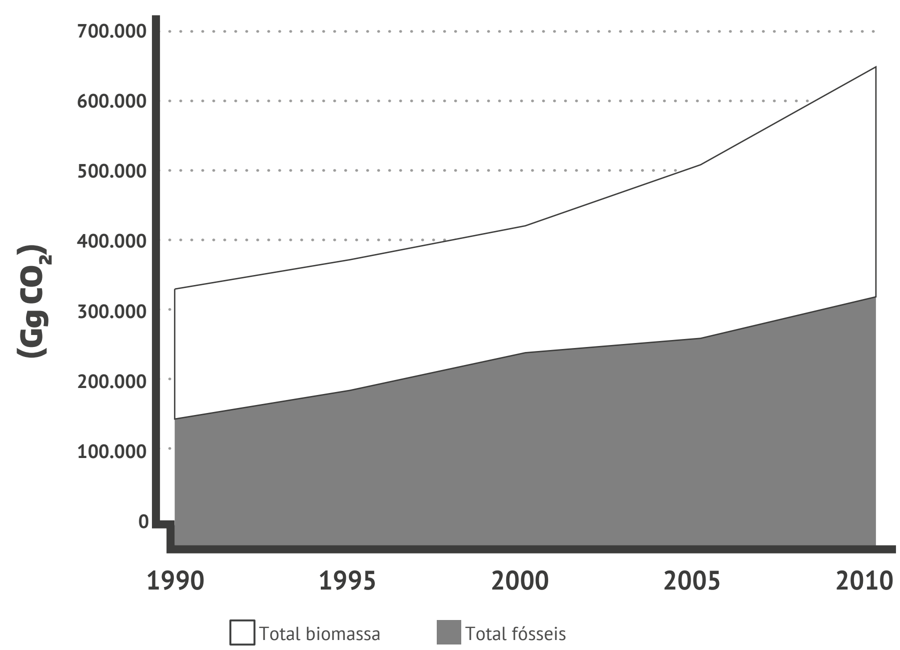
TABELA 3.3
Emissões de CO_2 pela metodologia Top-down

SETOR	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(Gg CO_2)					%	
Petróleo e derivados	152.710	188.248	228.195	226.595	270.659	79,6%	19,4%
Carvão e derivados	15.345	16.469	17.724	16.579	14.982	4,4%	-9,6%
Gás natural	6.089	8.305	17.909	39.739	53.711	15,8%	35,2%
Outras fontes primárias fósseis*	151	133	392	845	711	0,2%	-15,8%
Total fósseis	**174.294**	**213.155**	**264.219**	**283.758**	**340.062**	**100%**	**19,8%**
Biomassa sólida	148.351	144.097	140.335	194.348	239.732	76,8%	23,4%
Biomassa líquida	27.976	33.180	31.862	41.150	72.242	23,2%	75,6%
Biomassa gasosa	0	0	0	0	10	0,0%	NA
Total biomassa**	**176.327**	**177.277**	**172.197**	**235.498**	**311.985**	**100%**	**32,5%**

**Compreende fontes primárias com diferentes estados físicos.*

***As emissões de CO_2 provenientes do uso da biomassa como combustível são apresentadas apenas para informação e não devem ser contabilizadas neste Inventário.*

FIGURA 3.3
Emissões de CO_2 calculadas de acordo com metodologia Top-down



As emissões totais de CO_2 provenientes da queima de combustíveis fósseis evoluíram de 174.294 Gg CO_2, em 1990, para 340.062 Gg CO_2, em 2010, um aumento de 95% no período. Todavia, a produção de combustíveis fósseis registrou um aumento de 38.744 para 125.188 mil tep, um crescimento de 223,1%; e a importação, por sua vez, cresceu 54,6%.

Nota-se um aumento expressivo das emissões devido ao consumo de gás natural (fósseis gasosos), o que amplia sua participação nas emissões totais em quase cinco vezes. Os combustíveis fósseis líquidos têm sua participação reduzida de 87,6% para 79,6% entre os anos de 1990 e 2010.

Conforme já explicitado anteriormente, a metodologia para inventários prevê que as emissões de CO_2 provenientes da queima de combustíveis de biomassa devem ser informadas, porém não computadas no total de emissões do setor energético do país.

Bottom-up

A abordagem setorial, ou *bottom-up,* permite identificar onde e como ocorrem as emissões, favorecendo o estabelecimento de medidas de mitigação. Essa abordagem possibilita o conhecimento das emissões de outros gases de efeito estufa cujo comportamento também é importante.

O cálculo das emissões pela abordagem *bottom-up* considera as várias destinações. Além do $CO_{2,}$ são estimadas as emissões dos chamados gases não-CO_2, a saber: CO, CH_4, N_2O, NO_x e NMVOC.

As emissões de CO_2 são dependentes do conteúdo de carbono dos combustíveis, podendo ser estimadas em um nível de agregação elevado e com razoável precisão, conforme proposto na metodologia *Top-down*. Para os gases não-CO_2, no entanto, é preciso trabalhar com informações complementares sobre uso final, tecnologia dos equipamentos, condições de utilização etc. e deve ser feita, portanto, em um nível mais desagregado. Mesmo assim, na metodologia do IPCC (IPCC, 1997) é recomendado que as emissões de CO_2 também sejam estimadas a partir de um nível mais desagregado de informações, o que possibilita uma comparação entre as duas abordagens, como será tratado mais adiante. Assim sendo, as emissões de CO_2 da queima de combustíveis foram estimadas para os vários setores da economia.

A determinação do consumo final dos combustíveis por setor exigiu a adequação da base de dados disponível. Foi necessário um ajuste tanto dos combustíveis quanto dos setores de atividade. No que se refere às emissões, as peculiaridades de cada país estão ligadas à diferença dos combustíveis utilizados e/ou às características dos equipamentos de uso e transformação. Tendo em vista que, na queima de combustíveis, os fatores de emissão para os gases não-CO_2 dependem da tecnologia utilizada, procurou-se estabelecer coeficientes adequados para o Brasil, por meio da identificação dos equipamentos utilizados pelos diversos setores.

A Tabela 3.4 apresenta as emissões fósseis para o período de 1990 a 2010. As emissões de CO_2 em 2010 foram estimadas em 332.760 Gg, crescendo em 20,2% de 2005 a 2010. Em 2010, o energético de fonte fóssil que mais contribuiu para as emissões de CO_2 do setor como um todo foi o óleo diesel, responsável por 38,7% das emissões desse ano. A gasolina automotiva e o gás natural seco também são relevantes para as emissões e apresentam participações semelhantes em 2010 (15,3% e 13,4%, respectivamente). Ressalta-se que o óleo diesel e a gasolina automotiva mantiveram suas participações estáveis ao longo do período, mas que o gás natural seco aumentou consideravelmente (em 1990, era de apenas 2,2%).

TABELA 3.4
Emissões de CO_2 por combustível

FONTE	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(Gg CO_2)					(%)	
Gasolina Automotiva	21.119	31.403	38.313	39.446	50.848	15,3%	28,9%
Gasolina de Aviação	142	141	170	123	155	0,0%	26,0%
Querosene Iluminante	567	304	168	74	21	0,0%	-71,6%
Querosene de Aviação	4.090	4.591	6.036	6.193	9.596	2,9%	54,9%
Óleo Diesel	64.691	79.013	95.874	106.342	128.693	38,7%	21,0%
Óleo Combustível	32.821	38.312	37.504	23.560	19.663	5,9%	-16,5%
GLP	14.466	16.978	20.702	18.814	20.345	6,1%	8,1%
Coque de Petróleo	167	634	10.467	11.271	18.426	5,5%	63,5%
Lignito	2.945	3.516	3.737	3.350	1.924	0,6%	-42,6%
Carvões sub-bituminosos	4.693	4.257	6.865	5.324	7.450	2,2%	39,9%
Outros carvões bituminosos	-	-	-	-	48	0,0%	-
Carvões coqueificáveis	363	1.560	2.851	3.181	1.738	0,5%	-45,4%
Alcatrão	482	711	338	168	359	0,1%	113,7%
Coque de carvão mineral	442	-	3	547	464	0,1%	-15,2%
Gás Natural Úmido	1.738	585	3.034	4.735	7.944	2,4%	67,8%
Gás Natural Seco	3.607	7.112	14.074	34.456	44.740	13,4%	29,8%
Gás de Refinaria	3.791	4.772	6.852	9.042	9.596	2,9%	6,1%
Outros energéticos de petróleo	2.938	4.420	6.686	6.546	6.809	2,0%	4,0%
Gás canalizado RJ	400	266	201	-	-	0,0%	-
Gás canalizado SP	356	43	-	-	-	0,0%	-
Gás de Coqueria	2.462	2.767	2.630	2.728	3.230	1,0%	18,4%
Nafta	-	92	12	-	-	0,0%	-
Outras Fontes Primárias Fósseis*	151	133	392	845	711	0,2%	-15,9%
Total emissões domésticas	**162.431**	**201.610**	**256.909**	**276.744**	**332.760**	**100%**	**20,2%**

**Compreende fontes primárias com diferentes estados físicos.*

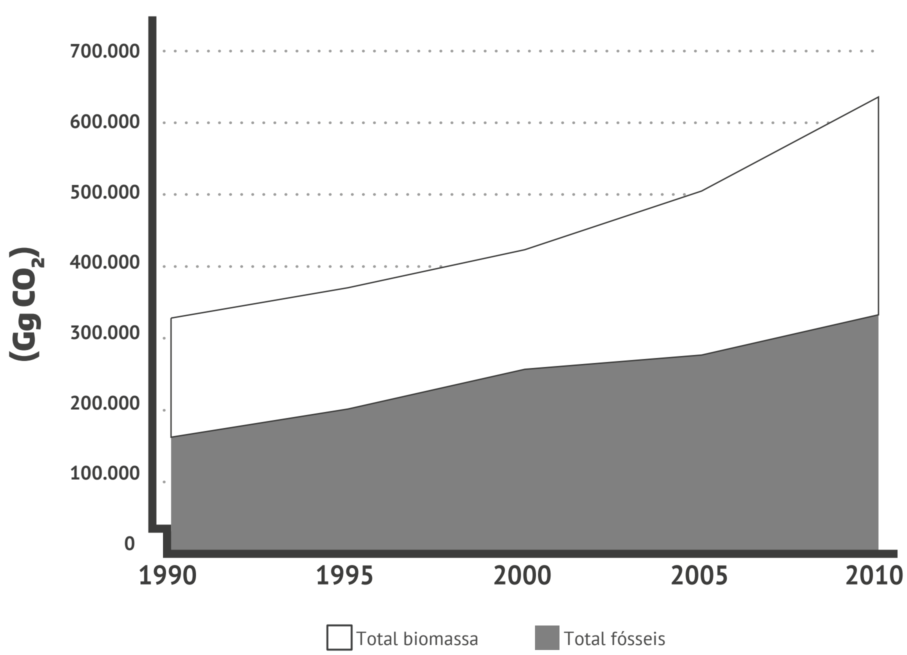
As emissões de CO_2 provenientes do uso da biomassa como combustível são apresentadas na Tabela 3.5, apenas como informação e não devem ser contabilizadas neste Inventário. Somente serão contabilizadas as emissões não-CO_2 da queima destes combustíveis. As emissões de CO_2 devido ao consumo de biomassa são tratadas em outro módulo metodológico específico – Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas (*Land Use, Land-Use Change and Forestry*) (IPCC, 2003), em que é determinado o balanço entre o carbono emitido pela biomassa extraída e o carbono absorvido durante o crescimento de novas plantas.

TABELA 3.5
Emissões de CO_2 a partir da biomassa

FONTE	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	($Gg\ CO_2$)					(%)	
Lenha	87.580	72.062	72.910	88.327	85.939	28,3%	-2,7%
Carvão Vegetal	5.157	3.682	3.204	3.862	3.223	1,1%	-16,5%
Bagaço	48.842	62.280	59.126	94.936	142.964	47,2%	50,6%
Outras Primárias (biogás)	-	-	-	-	19	0,0%	-
Outras Primárias (biomassa)	1.599	1.967	2.385	3.555	4.880	1,6%	37,3%
Lixívia	5.249	8.426	11.552	16.965	24.148	8,0%	42,3%
Álcool Anidro	1.928	5.338	9.031	12.090	11.234	3,7%	-7,1%
Álcool Hidratado	15.438	15.036	8.229	8.551	24.458	8,1%	186,0%
Biodiesel	-	-	-	-	6.306	2,1%	-
Total	**165.793**	**168.791**	**166.437**	**228.286**	**303.171**	**100,0%**	**32,8%**

Na Figura 3.4 é possível observar as emissões calculadas de acordo com a metodologia *Bottom-up* para combustíveis fósseis e biomassa.

FIGURA 3.4
Emissões de CO_2 estimadas pela metodologia Bottom-up



A Tabela 3.6 mostra as emissões de CO_2 por subsetor para os combustíveis fósseis. O subsetor que mais contribuiu para as emissões em 2010 foi o de transportes, responsável por 50,6% das emissões de CO_2. O modal rodoviário

corresponde por 45,5% das emissões totais nesse ano e 90% das emissões de transportes, sendo observado o aumento da participação das emissões de CO_2 desse subsetor em 24,5% entre 2005 e 2010.

TABELA 3.6

Emissões de CO_2 dos combustíveis por subsetor

EMISSÕES POR SUBSETOR	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(Gg CO_2)					(%)	
Subsetor energético	21.271	25.282	40.483	47.344	58.857	17,7%	24,3%
Centrais elétricas de serviço público	6.194	9.016	19.075	20.911	26.592	8,0%	27,2%
Centrais elétricas autoprodutoras	2.275	3.159	5.141	5.474	9.445	2,8%	72,5%
Carvoarias*	0	0	0	0	0	0,0%	-
Consumo setor energético	12.802	13.106	16.268	20.958	22.820	6,9%	8,9%
Residencial	13.842	15.942	17.179	15.591	17.249	5,2%	10,6%
Comercial	2.073	1.565	2.216	1.903	1.446	0,4%	-24,0%
Público	503	2.075	2.122	1.742	1.192	0,4%	-31,6%
Agropecuário	9.846	13.222	14.152	14.964	17.346	5,2%	15,9%
Transporte	79.337	100.457	121.748	135.182	168.364	50,6%	24,5%
Transporte rodoviário	70.094	90.916	111.337	123.519	151.481	45,5%	22,6%
Transporte ferrroviário	1.592	1.332	1.247	1.748	2.717	0,8%	55,4%
Transporte aéreo	4.232	4.732	6.206	6.316	9.751	2,9%	54,4%
Transporte hidroviário	3.420	3.477	2.958	3.599	4.415	1,3%	22,7%
Industrial	35.559	43.068	59.008	60.019	68.305	20,5%	13,8%
Cimento	5.790	6.073	10.512	8.951	14.259	4,3%	59,3%
Ferro-gusa e aço	4.373	5.387	4.620	5.297	5.540	1,7%	4,6%
Ferroligas	63	1	37	229	102	0,0%	-55,5%
Mineração e pelotização	2.412	3.263	5.666	7.230	7.289	2,2%	0,8%
Não ferrosos	1.357	1.868	3.709	4.916	5.476	1,6%	11,4%
Química	8.606	10.057	13.942	14.624	13.847	4,2%	-5,3%
Alimentos e bebidas	3.239	4.074	4.476	3.755	3.965	1,2%	5,6%
Têxteis	1.600	1.328	1.268	1.159	1.015	0,3%	-12,4%
Papel e celulose	2.464	3.384	4.320	3.840	3.632	1,1%	-5,4%
Cerâmica	1.692	2.691	3.382	3.805	4.888	1,5%	28,5%
Outras indústrias	3.962	4.942	7.076	6.213	8.293	2,5%	33,5%
Total	**162.431**	**201.610**	**256.909**	**276.744**	**332.760**	**100%**	**20,2%**

* *As emissões de CO_2 das Carvoarias são provenientes da biomassa.*

O subsetor industrial contribuiu com 20,5% das emissões do setor de Energia, com destaque para cimento e a química, cada um responsável por aproximadamente 4%. Destaca-se o aumento das emissões do setor de cimento, que apresentou uma variação de 59,3%, e a diminuição das emissões do setor de ferroligas, cuja variação foi de -55,5% de 2005 a 2010.

No subsetor industrial, no que se refere aos segmentos de Mineração e Pelotização, Ferro-gusa e Aço, Ferroligas e Minerais Não Ferrosos, ressalta-se que parte de suas emissões estão contabilizadas em Processos Industriais e Uso de Produtos e refere-se ao uso de energéticos como redutores, em conformidade com as *Guidelines* do IPCC (IPCC, 1997 e 2006).

Dos subsetores de menor contribuição no total das emissões, o público e comercial foram os que apresentaram uma taxa de redução das emissões de 2005 a 2010.

A Tabela 3.7 apresenta a comparação entre as estimativas das emissões de CO_2 obtidas a partir dos dois métodos. É razoável que se encontre alguma variação entre os dois resultados, já que se trabalha com níveis de agregação distintos e hipóteses que eventualmente só se aplicam a uma das metodologias. Também contribui para essa diferença o fato de que na metodologia *Bottom-up* utiliza-se um número maior de variáveis.

De acordo com o IPCC (1997), pode-se considerar razoável que essa diferença se situe dentro de um intervalo de 2% (negativo ou positivo). Caso o valor encontrado extrapole esse limite tido como razoável, deve-se apresentar justificativas para o fato.

Como pode ser visto na Tabela 3.7, o valor encontrado empregando-se o método *Top-down* é sistematicamente maior do que aquele obtido pelo *Bottom-up*. As estimativas pelo método *Top-down* não contabilizam as perdas de energia na transformação e na distribuição, o que resulta em valores diferentes para a estimativa *Bottom-up*. Além disso, deve-se considerar que ajustes estatísticos existentes no próprio BEN contribuem para a diferença nos resultados entre as metodologias.

TABELA 3.7

Emissões de CO_2 da queima dos combustíveis fósseis estimadas pelas metodologias Top-down *e* Bottom-up

SETOR	1990	1995	2000	2005	2010
	(Gg CO_2)				
Top-Down (A)	174.294	213.155	264.219	283.758	340.062
Bottom-Up (B)	162.431	201.610	256.909	276.744	332.760
Diferença (%) ((A-B)/B)	7,3%	5,7%	2,8%	2,5%	2,2%

O BEN costumava agregar a informação de *bunker fuels* para aviação (combustível fornecido às empresas de transporte aéreo para o transporte internacional) dentro da conta de exportações (combustível exportado como mercadoria), mas passou a apresentar a informação de forma desagregada a partir do ano de 1998. Nesse caso, optou-se por adotar as informações fornecidas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), por apresentar os dados de *bunker fuels* separados da exportação desde 1990. Além disso, o maior detalhamento da distinção feita entre transporte nacional e internacional confere mais robustez aos dados apresentados e garante a adequação da metodologia às diretrizes do IPCC. No caso da aviação civil, portanto, foram utilizados dados mais precisos

de exportação e *bunker fuels*, obtidos, respectivamente, com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e a ANAC.

A Tabela 3.8 apresenta as emissões de CO_2 de *bunker fuels* para os anos de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010.

TABELA 3.8
Emissões de CO_2 de bunker fuels

FONTE	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(Gg CO_2)					(%)	
Transporte aéreo							
Querosene + Gasolina bunker	4366	4520	4626	4707	5784	31,2%	22,9%
Transporte marítimo							
Óleo Diesel bunker	437	562	1942	1839	2304	12,4%	25,3%
Óleo Combustivel bunker	1283	3585	7071	8220	10462	56,4%	27,3%
Total bunker	**6.086**	**8.667**	**13.639**	**14.766**	**18.550**	**100%**	**25,6%**

3.1.2.2. Emissões de outros gases de efeito estufa por queima de combustíveis

Os outros gases de efeito estufa estimados são: CH_4, N_2O, CO, NO_x e NMVOC. Esses gases são tratados de forma genérica como gases "não-CO_2" e suas emissões foram estimadas para todos os combustíveis, inclusive os que são derivados da biomassa.

As emissões dos gases não-CO_2 não dependem somente do tipo de combustível utilizado, mas também da tecnologia de combustão, das condições de operação, das condições de manutenção do equipamento, da sua idade, etc. Para aplicar a metodologia *Bottom-up*, portanto, os usos finais das fontes energéticas devem ser conhecidos, bem como as características dos equipamentos utilizados. Sendo assim, o cálculo mais preciso das emissões de gases não-CO_2 exige dados mais desagregados e metodologia detalhada (*Tier 2* e *Tier 3*). No entanto, como essas informações nem sempre existem, foi desenvolvido um método simplificado (*Tier 1*) para avaliar tais emissões, a partir somente de informações sobre consumo de energia por setor. O método detalhado *Tier 2*, que utiliza fatores de emissão para classes de equipamentos e combustíveis por subsetor (IPCC, 1997), foi aplicado na maior parte dos usos finais de combustíveis. O *Tier 1* foi utilizado em alguns casos em que não existiam dados disponíveis, tecnologias ou combustíveis equivalentes (IPCC, 1997). Para a gasolina e o álcool etílico consumidos no modo de transporte rodoviário, foram utilizados fatores de emissão específicos do país desenvolvidos no módulo de transportes de veículos leves e que pode ser classificado como um método *Tier 3*, calculados a partir dos dados obtidos na CETESB (CETESB, 2011a; 2011b; 2013).

No caso de gases não-CO_2, as emissões de fontes fósseis e de biomassa devem ser incluídas na totalização do inventário, diferentemente do caso do CO_2. Ressalta-se que devido à modelagem *Bottom-up* de transporte rodoviário

realizada por *Tier* 3 separadamente, as emissões de gases não-CO_2 provenientes deste modal são resultantes da mistura de gasolina com álcool anidro, estimadas conjuntamente, como utilizada nas frotas nacionais.

A Tabela 3.9 apresenta as emissões dos outros gases de efeito estufa por queima de combustíveis para os anos de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010.

TABELA 3.9

Emissões de outros gases de efeito estufa por queima de combustíveis

GÁS	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(Gg)					(%)
CH_4	455,3	388,1	392,8	478,6	448,2	-6,4%
N_2O	14,02	14,97	18,88	24,75	31,76	28,3%
CO	9.592,6	9.636,3	8.181,0	8.194,7	7.695,9	-6,1%
NO_x	1.639,8	1.977,5	2.273,3	2.346,4	2.567,1	9,4%
NMVOC	1.167,5	1.104,8	987,4	1.061,5	900,5	-15,2%
EMISSÕES *BUNKER FUELS*						
CH_4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	25,3%
N_2O	0,13	0,16	0,20	0,21	0,27	24,4%
CO	0,9	0,9	0,9	1,2	1,1	-6,0%
NO_x	1,6	2,1	3,2	3,4	4,3	27,0%
NMVOC	2,9	7,3	14,9	16,9	21,4	26,8%

Uma análise mais detalhada dos resultados acima encontra-se nos itens a seguir. Para cada gás, são apresentadas tabelas com as emissões por combustível e setor para o período de 1990 a 2010. Cada uma dessas tabelas apresenta, também, a distribuição percentual em 2010 e a correspondente taxa de crescimento no período de 2005 a 2010.

Metano

Em 2010, foram emitidos 448,2 Gg CH_4 devido à queima de combustíveis. As emissões apresentaram uma redução de 6,4% no período de 2005 a 2010.

A Tabela 3.10 mostra que os combustíveis de biomassa são as principais fontes emissoras de CH_4 (84,2% em 2010). O principal combustível, em termos de emissões de CH_4, foi a lenha (71,8%), seguida pela gasolina automotiva (11,2%) e pelo bagaço (9,6%). Entre esses combustíveis, a lenha e a gasolina automotiva apresentaram redução das emissões de CH_4 de 10,4% e 18,1%, respectivamente, de 2005 a 2010.

TABELA 3.10
Emissões de CH_4 por combustível

EMISSÕES POR COMBUSTÍVEL	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
FÓSSIL	(Gg CH_4)					(%)	
Gasolina Automotiva	65,0	77,8	67,3	61,4	50,3	11,2%	-18,1%
Gasolina de Aviação	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Querosene Iluminante	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Querosene de Aviação	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Óleo diesel	4,8	5,5	6,5	7,0	8,8	2,0%	25,7%
Óleo combustível	1,2	1,4	1,3	1,0	0,8	0,2%	-20,0%
GLP	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,1%	0,0%
Coque de petróleo	0,0	0,0	0,3	0,3	0,6	0,1%	100,0%
Lignito	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Carvões sub-bituminosos	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0%	100,0%
Outros carvões bituminosos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Carvões coqueificáveis	0,0	0,1	0,2	0,3	0,1	0,0%	-66,7%
Alcatrão	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Coque de carvão mineral	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0%	-100,0%
Gás Natural Úmido	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	0,1%	100,0%
Gás Natural Seco	0,1	0,4	1,9	7,9	8,6	1,9%	8,9%
Gás de Refinaria	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0%	0,0%
Outros energéticos de petróleo	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,1%	0,0%
Gás Canalizado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Gás de Coqueria	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%
Outras Fontes Primárias Fósseis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Total Fóssil	**72,0**	**86,1**	**78,6**	**79,2**	**70,7**	**15,8%**	**-10,7%**
BIOMASSA	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**PARTICIPAÇÃO 2010**	**VARIAÇÃO 2005/2010**
	(Gg CH_4)					(%)	
Lenha	353,1	271,4	286,7	359,1	321,8	71,8%	-10,4%
Carvão Vegetal	11,9	8,5	7,5	9,1	7,7	1,7%	-15,4%
Bagaço	14,7	18,7	17,7	28,5	42,9	9,6%	50,5%
Outras Primárias (biogás)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Outras Primárias (biomassa)	0,5	0,6	0,7	1,0	1,5	0,3%	50,0%
Lixívia	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,1%	20,0%
Álcool Anidro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Álcool Hidratado	3,0	2,6	1,3	1,2	3,0	0,7%	150,0%
Total Biomassa	**383,3**	**302,0**	**314,2**	**399,4**	**377,5**	**84,2%**	**-5,5%**
Total	**455,3**	**388,1**	**392,8**	**478,6**	**448,2**	**100%**	**-6,4%**

Em termos de emissões setoriais em 2010 (Tabela 3.11), o subsetor residencial foi o principal responsável pelas emissões de CH_4 (64,7%) devido principalmente à queima da lenha. Em seguida, tem-se o subsetor de transporte, com destaque para o transporte rodoviário (14,8%). No período de 2005 a 2010 observa-se um crescimento significativo de alguns subsetores tais como: centrais elétricas de serviço público, autoprodutoras e setor energético (com 50%, 136% e 56,6%, respectivamente).

TABELA 3.11
Emissões de CH_4 por setor

EMISSÕES POR SUBSETOR		1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
		(Gg CH_4)					(%)	
Subsetor energético amplo	Centrais elétricas de serviço público	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	0,3%	50,0%
	Centrais elétricas autoprodutoras	0,6	0,9	1,3	2,5	5,9	1,3%	136,0%
	Carvoarias	16,1	12,7	11,7	15,3	10,8	2,4%	-29,4%
	Setor Energético	8,7	9,3	7,3	10,6	16,6	3,7%	56,6%
Indústria	Cimento	3,1	2,6	2,3	2,4	1,2	0,3%	-50,0%
	Ferro-gusa e aço	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,0%	100,0%
	Ferroligas	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%
	Mineração e pelotização	0,4	0,2	0,3	0,4	0,3	0,1%	-25,0%
	Não ferrosos	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0%	0,0%
	Química	0,8	0,8	1,3	2,4	2,5	0,6%	4,2%
	Alimentos e bebidas	6,8	10,1	11,1	17,7	23,2	5,2%	31,1%
	Têxteis	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%	0,0%
	Papel e celulose	1,0	1,2	1,5	1,8	2,5	0,6%	38,9%
	Cerâmica	2,2	2,0	2,2	2,3	3,0	0,7%	30,4%
	Outras indústrias	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	0,2%	22,2%
	Subtotal	**15,7**	**18,1**	**19,9**	**28,4**	**34,4**	7,7%	21,1%
Transporte	Transporte rodoviário	72,2	85,4	75,2	74,0	66,3	14,8%	-10,4%
	Transporte ferroviário	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0%	100,0%
	Transporte aéreo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
	Transporte hidroviário	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,1%	33,3%
	Subtotal	**72,6**	**85,8**	**75,6**	**74,4**	**66,9**	14,9%	-10,1%
Outros subsetores	Residencial	318,4	243,7	261,5	327,6	290,1	64,7%	-11,4%
	Comercial	3,7	3,5	3,1	3,1	3,8	0,8%	22,6%
	Público	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
	Agricultura	19,3	13,8	12,0	15,9	18,5	4,1%	16,4%
Total		**455,3**	**388,1**	**392,8**	**478,6**	**448,2**	**100%**	**-6,4%**

Ao comparar os resultados das tabelas de emissões por combustível (Tabela 3.10) e por subsetor (Tabela 3.11), a avaliação das emissões por tecnologia mostra que aquecimento direto é responsável por 73,5% das emissões de CH_4 em 2010.

Óxido nitroso

Em 2010, foram emitidos 31,76 Gg N_2O como resultado da queima de combustíveis. A taxa de crescimento das emissões foi de 28,3% entre 2005 e 2010.

TABELA 3.12
Emissões de N_2O por combustível

EMISSÕES POR COMBUSTÍVEL	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
FÓSSIL	(Gg N_2O)					(%)	
Gasolina Automotiva	0,67	1,79	4,78	6,45	9,42	29,7%	46,0%
Gasolina de Aviação	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0%	-
Querosene Iluminante	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0%	-
Querosene de Aviação	0,11	0,12	0,16	0,17	0,26	0,8%	52,9%
Óleo diesel	3,28	3,66	4,15	4,68	6,12	19,3%	30,8%
Óleo combustível	0,23	0,26	0,24	0,18	0,17	0,5%	-5,6%
GLP	0,23	0,29	0,38	0,36	0,40	1,3%	11,1%
Coque de petróleo	0,00	0,00	0,06	0,07	0,11	0,3%	57,1%
Lignito	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,1%	-33,3%
Carvões sub-bituminosos	0,06	0,04	0,06	0,05	0,07	0,2%	40,0%
Outros carvões bituminosos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0%	-
Carvões coqueificáveis	0,00	0,02	0,04	0,05	0,02	0,1%	-60,0%
Alcatrão	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,0%	-
Coque de carvão mineral	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,0%	0,0%
Gás Natural Úmido	0,01	0,00	0,02	0,03	0,08	0,3%	166,7%
Gás Natural Seco	0,02	0,07	0,24	1,07	1,22	3,8%	14,0%
Gás de Refinaria	0,04	0,04	0,09	0,13	0,14	0,4%	7,7%
Outros energéticos de petróleo	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05	0,2%	0,0%
Gás Canalizado	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0%	-
Gás de Coqueria	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,1%	0,0%
Outras Fontes Primárias Fósseis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0%	-
Total Fóssil	4,75	6,38	10,33	13,35	18,12	57,1%	35,7%
BIOMASSA	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**PARTICIPAÇÃO 2010**	**VARIAÇÃO 2005/2010**
	(Gg N_2O)					(%)	
Lenha	6,97	5,71	5,78	7,01	6,58	20,7%	-6,1%
Carvão Vegetal	0,12	0,09	0,07	0,09	0,06	0,2%	-33,3%
Bagaço	1,95	2,49	2,37	3,80	5,72	18,0%	50,5%
Outras Primárias (biogás)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0%	-
Outras Primárias (biomassa)	0,06	0,08	0,09	0,14	0,20	0,6%	42,9%
Lixívia	0,09	0,15	0,20	0,29	0,41	1,3%	41,4%
Álcool Anidro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
Álcool Hidratado	0,08	0,07	0,04	0,07	0,67	2,1%	857,1%
Total Biomassa	9,27	8,59	8,55	11,40	13,64	42,9%	19,6%
Total	**14,02**	**14,97**	**18,88**	**24,75**	**31,76**	**100,0%**	**28,3%**

A Tabela 3.12 mostra que os combustíveis fósseis são as principais fontes emissoras de N_2O (57,1% em 2010), tendo apresentado uma taxa de crescimento das emissões de 35,7% no período de 2005 a 2010. As emissões de N_2O evidenciam a importância da gasolina para as emissões de combustíveis fósseis. As emissões de N_2O devido ao consumo de gasolina representaram 29,7% das emissões totais em 2010, tendo crescido 46% entre 2005 e 2010.

Quanto às emissões relacionadas à biomassa, a lenha e o bagaço são os principais combustíveis que contribuem com as emissões de N_2O (20,7% e 18%, respectivamente). Apesar da baixa participação, é necessário destacar a taxa de crescimento observada para o etanol hidratado no período de 2005 a 2010 (857,1%).

TABELA 3.13

Emissões de N_2O por subsetor

EMISSÕES POR SUBSETOR		1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
		($Gg\ N_2O$)					(%)	
Subsetor energético amplo	Centrais elétricas de serviço público	0,05	0,07	0,14	0,23	0,32	1,0%	39,1%
	Centrais elétricas autoprodutoras	0,12	0,16	0,24	0,41	0,93	2,9%	126,8%
	Carvoarias	2,14	1,69	1,56	2,04	1,45	4,6%	-28,9%
	Setor Energético	1,22	1,30	1,06	1,52	2,32	7,3%	52,6%
Indústria	Cimento	0,12	0,11	0,12	0,11	0,13	0,4%	18,2%
	Ferro-gusa e aço	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,1%	0,0%
	Ferroligas	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,1%	0,0%
	Mineração e pelotização	0,03	0,03	0,06	0,07	0,07	0,2%	0,0%
	Não ferrosos	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,1%	50,0%
	Química	0,12	0,11	0,13	0,18	0,18	0,6%	0,0%
	Alimentos e bebidas	1,31	1,70	1,84	2,69	3,52	11,1%	30,9%
	Têxteis	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,1%	0,0%
	Papel e celulose	0,39	0,49	0,60	0,75	1,03	3,2%	37,3%
	Cerâmica	0,29	0,27	0,31	0,31	0,41	1,3%	32,3%
	Outras indústrias	0,19	0,17	0,19	0,22	0,28	0,9%	27,3%
	Subtotal	**2,54**	**2,97**	**3,34**	**4,43**	**5,73**	**18,0%**	**29,3%**

continua na próxima página

EMISSÕES POR SUBSETOR		1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
		($Gg\ N_2O$)					(%)	
Transporte	Transporte rodoviário	2,94	4,41	7,94	10,53	14,98	47,2%	42,3%
	Transporte ferrroviário	0,61	0,51	0,48	0,67	1,10	3,5%	64,2%
	Transporte aéreo	0,11	0,13	0,17	0,17	0,27	0,9%	58,8%
	Transporte hidroviário	0,09	0,09	0,08	0,09	0,12	0,4%	33,3%
	Subtotal	**3,75**	**5,14**	**8,67**	**11,46**	**16,47**	**51,9%**	**43,7%**
Outros subsetores	Residencial	3,29	2,62	2,85	3,48	3,15	9,9%	-9,5%
	Comercial	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,1%	0,0%
	Público	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,1%	0,0%
	Agricultura	0,86	0,98	0,96	1,12	1,33	4,2%	18,8%
Total		**14,02**	**14,97**	**18,88**	**24,75**	**31,76**	**100,0%**	**28,3%**

Em termos de emissões subsetoriais (Tabela 3.13), o subsetor de transporte foi o principal responsável pelas emissões de N_2O em 2010 (51,9%), sendo que o transporte rodoviário contribui com 47,2%. A maioria dos subsetores apresentou crescimento no período de 2005 a 2010, com exceção das carvoarias, que apresentou redução de 28,9%.

As emissões de N_2O, quando analisadas por tecnologia, são mais importantes em força motriz.

Monóxido de carbono

As emissões de monóxido de carbono ocorrem devido à combustão imperfeita nos equipamentos. Sua emissão revela ainda, em muitos casos, a ineficiência do uso dos combustíveis. É um composto químico nocivo à saúde, sendo um problema ambiental nos grandes conglomerados urbanos.

Em 2010, foram emitidos 7.695,9 Gg CO por queima de combustíveis, apresentando uma redução de 6,1% no período de 2005 a 2010. A Tabela 3.14 mostra que os combustíveis de biomassa foram as principais fontes emissoras de CO (62,3% em 2010). Observa-se a predominância das emissões provenientes do consumo de lenha, responsável por 33,9% das emissões totais de CO em 2010. No que se refere aos combustíveis fósseis, nota-se que os derivados de petróleo (gasolina e óleo diesel) e gás natural (em menor escala) são os principais combustíveis responsáveis pela emissão de CO. A gasolina automotiva e o óleo diesel, somados, são responsáveis por 89% das emissões de CO de combustíveis fósseis em 2010.

TABELA 3.14
Emissão de CO por combustível

EMISSÕES POR COMBUSTÍVEL	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
FÓSSIL	(Gg CO)					(%)	
Gasolina Automotiva	4.527,9	5.174,8	3.967,7	3.116,1	2.278,6	29,6%	-26,9%
Gasolina de Aviação	30,4	30,2	36,4	26,3	33,3	0,4%	26,6%
Querosene Iluminante	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0%	-100,0%
Querosene de Aviação	2,6	2,9	3,9	4,4	5,2	0,1%	18,2%
Óleo diesel	178,1	216,6	257,2	275,8	310,3	4,0%	12,5%
Óleo combustível	13,8	17,5	18,9	20,0	16,1	0,2%	-19,5%
GLP	2,8	3,7	5,7	4,6	5,0	0,1%	8,7%
Coque de petróleo	0,9	5,5	99,2	107,6	175,9	2,3%	63,5%
Lignito	1,2	1,1	0,7	0,5	0,4	0,0%	-20,0%
Carvões sub-bituminosos	4,1	2,5	1,6	1,4	2,6	0,0%	85,7%
Outros carvões bituminosos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0%	-
Carvões coqueificáveis	0,0	0,1	0,2	0,3	0,1	0,0%	-66,7%
Alcatrão	0,3	0,5	0,2	0,1	0,3	0,0%	200,0%
Coque de carvão mineral	3,8	0,0	0,0	4,8	4,0	0,1%	-16,7%
Gás Natural Úmido	1,8	0,7	3,0	6,1	8,6	0,1%	41,0%
Gás Natural Seco	2,9	6,1	14,2	37,9	46,2	0,6%	21,9%
Gás de Refinaria	3,0	4,2	4,6	4,9	5,3	0,1%	8,2%
Outros energéticos de petróleo	1,8	2,7	5,7	5,6	5,9	0,1%	5,4%
Gás Canalizado	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0%	-
Gás de Coqueria	1,9	2,2	1,9	1,9	2,3	0,0%	21,1%
Outras Fontes Primárias Fósseis	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0%	-
Total Fóssil	**4.778,2**	**5.471,8**	**4.421,4**	**3.618,4**	**2.900,2**	**37,7%**	**-19,8%**
BIOMASSA	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(Gg CO)					(%)	
Lenha	2.910,5	2.332,0	2.367,6	2.924,3	2.605,2	33,9%	-10,9%
Carvão Vegetal	183,9	128,9	110,6	134,5	103,5	1,3%	-23,0%
Bagaço	328,2	366,0	314,0	496,7	892,4	11,6%	79,7%
Outras Primárias (biogás)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Outras Primárias (biomassa)	9,1	12,8	17,0	28,3	29,9	0,4%	5,7%
Lixívia	182,4	281,8	384,6	560,2	789,7	10,3%	41,0%
Álcool Anidro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Álcool Hidratado	1.200,3	1.043,0	565,8	432,3	375,0	4,9%	-13,3%
Total Biomassa	**4.814,4**	**4.164,5**	**3.759,6**	**4.576,3**	**4.795,7**	**62,3%**	**4,8%**
Total	**9.592,6**	**9.636,3**	**8.181,0**	**8.194,7**	**7.695,9**	**100,0%**	**-6,1%**

Em termos de emissões subsetoriais (Tabela 3.15), predominam as emissões do subsetor de transporte, principal responsável pelas emissões de CO em 2010 (38,1%), com destaque para o subsetor rodoviário, com 37,4%. Todavia, destaca-se que o subsetor de transporte apresentou redução de 22,9% das emissões de 2005 a 2010, enquanto que o subsetor industrial, responsável por 22,2% das emissões totais de CO, apresentou aumento de 33,3%.

TABELA 3.15
Emissão de CO por subsetor

EMISSÕES POR SUBSETOR		1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
		(Gg CO)					(%)	
Subsetor energético amplo	Centrais elétricas de serviço público	3,1	5,4	9,1	15,2	19,7	0,3%	29,6%
	Centrais elétricas autoprodutoras	30,0	42,2	63,0	126,8	303,0	3,9%	139,0%
	Carvoarias	1.070,6	845,4	777,7	1.019,3	723,2	9,4%	-29,0%
	Setor Energético	294,3	315,5	254,5	366,8	572,0	7,4%	55,9%
Indústria	Cimento	63,8	51,4	114,2	118,6	140,3	1,8%	18,3%
	Ferro-gusa e aço	2,5	3,2	3,2	3,7	3,7	0,0%	0,0%
	Ferroligas	0,0	0,0	5,0	7,7	7,7	0,1%	0,0%
	Mineração e pelotização	10,4	1,3	7,1	17,0	25,5	0,3%	50,0%
	Não ferrosos	3,5	4,0	1,1	1,6	2,1	0,0%	31,3%
	Química	29,5	25,1	20,4	21,5	22,5	0,3%	4,7%
	Alimentos e bebidas	182,3	175,8	187,5	204,8	260,9	3,4%	27,4%
	Têxteis	13,9	9,1	7,3	8,5	8,3	0,1%	-2,4%
	Papel e celulose	254,4	369,1	483,5	673,1	938,9	12,2%	39,5%
	Cerâmica	134,9	121,3	140,8	149,0	202,1	2,6%	35,6%
	Outras indústrias	62,9	54,8	66,7	78,0	98,3	1,3%	26,0%
	Subtotal	**758,1**	**815,1**	**1.036,8**	**1.283,5**	**1.710,3**	**22,2%**	**33,3%**
Transporte	Transporte rodoviário	5.856,4	6.373,4	4.724,6	3.761,8	2.875,0	37,4%	-23,6%
	Transporte ferrroviário	5,4	4,5	4,3	6,0	9,7	0,1%	61,7%
	Transporte aéreo	33,0	33,1	40,3	31,0	38,5	0,5%	24,2%
	Transporte hidroviário	8,1	8,3	7,0	8,5	10,5	0,1%	23,5%
	Subtotal	**5.902,9**	**6.419,3**	**4.776,2**	**3.807,3**	**2.933,7**	**38,1%**	**-22,9%**
Outros subsetores	Residencial	1.443,2	1.098,7	1.172,3	1.468,4	1.306,7	17,0%	-11,0%
	Comercial	4,5	3,9	3,9	3,9	4,6	0,1%	17,9%
	Público	0,4	0,9	0,6	0,5	0,2	0,0%	-60,0%
	Agricultura	85,5	89,9	86,9	103,0	122,5	1,6%	18,9%
Total		**9.592,6**	**9.636,3**	**8.181,0**	**8.194,7**	**7.695,9**	**100%**	**-6,1%**

Ao analisar as emissões por tecnologia, percebe-se uma concentração das emissões de força motriz, condizente com a grande participação do subsetor de transportes na emissão deste gás.

Óxidos de nitrogênio

As emissões de NO_x, gás de efeito estufa indireto, são também um fator importante de poluição causando uma série de efeitos negativos à saúde, inclusive contribuindo para a formação de chuva ácida.

Diferentemente do que se observou no comportamento das emissões dos demais gases não-CO_2 até agora considerados, as emissões de NO_x estão mais diretamente relacionadas aos combustíveis fósseis por envolverem altas temperaturas de queima (90,3% de participação nas emissões totais em 2010). Nota-se a predominância das emissões de derivados de petróleo (as emissões do óleo diesel contribuem com 59,4% para as emissões totais) e gás natural (9,4% de participação). Em 2010, foram emitidos 2.567,1 Gg NO_x por queima de combustíveis. A taxa de crescimento das emissões foi de 9,4% no período de 2005 a 2010.

TABELA 3.16
Emissão de NO_x por combustível

EMISSÕES POR COMBUSTÍVEL	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
FÓSSIL	(Gg NO_X)					(%)	
Gasolina Automotiva	186,4	264,4	234,8	194,3	161,1	6,3%	-17,1%
Gasolina de Aviação	0,6	0,6	0,7	0,5	0,7	0,0%	40,0%
Querosene Iluminante	1,6	0,8	0,5	0,2	0,1	0,0%	-50,0%
Querosene de Aviação	3,5	4,0	5,4	5,5	8,6	0,3%	56,4%
Óleo diesel	930,6	1.126,3	1.351,4	1.365,7	1.523,6	59,4%	11,6%
Óleo combustível	133,4	153,0	146,0	140,4	130,1	5,1%	-7,3%
GLP	14,6	19,9	32,2	26,2	28,1	1,1%	7,3%
Coque de petróleo	0,6	1,4	18,9	20,0	32,7	1,3%	63,5%
Lignito	21,9	27,2	31,1	28,2	15,7	0,6%	-44,3%
Carvões sub-bituminosos	22,6	26,1	53,7	40,9	52,5	2,0%	28,4%
Outros carvões bituminosos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0%	-
Carvões coqueificáveis	0,6	3,3	6,0	6,6	2,3	0,1%	-65,2%
Alcatrão	2,6	4,1	1,8	0,9	2,1	0,1%	133,3%
Coque de carvão mineral	0,7	0,0	0,0	0,9	0,8	0,0%	-11,1%
Gás Natural Úmido	20,4	10,0	26,3	72,1	84,5	3,3%	17,2%
Gás Natural Seco	14,8	32,5	80,2	122,3	155,7	6,1%	27,3%
Gás de Refinaria	37,8	53,8	59,1	63,4	64,4	2,5%	1,6%

continua na próxima página

EMISSÕES POR COMBUSTÍVEL	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
FÓSSIL	($Gg\ NO_x$)					(%)	
Outros energéticos de petróleo	13,8	21,4	44,4	43,7	45,6	1,8%	4,3%
Gás Canalizado	0,7	0,3	0,3	0,0	0,0	-	-
Gás de Coqueria	11,8	14,1	10,4	9,2	8,3	0,3%	-9,8%
Outras Fontes Primárias Fósseis	0,6	0,4	0,6	0,9	1,0	0,0%	11,1%
Total Fóssil	**1.419,6**	**1.763,6**	**2.103,8**	**2.141,9**	**2.318,1**	**90,3%**	**8,2%**
BIOMASSA	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**PARTICIPAÇÃO 2010**	**VARIAÇÃO 2005/2010**
	($Gg\ NO_x$)					(%)	
Lenha	51,0	43,6	45,1	52,4	58,0	2,3%	10,7%
Carvão Vegetal	4,3	3,1	2,6	3,2	2,5	0,1%	-21,9%
Bagaço	44,7	55,9	51,9	82,5	123,8	4,8%	50,1%
Outras Primárias (biogas)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000%	-
Outras Primárias (biomassa)	1,5	1,7	2,0	3,0	4,4	0,2%	46,7%
Lixívia	5,9	9,6	13,2	19,4	27,7	1,1%	42,8%
Álcool Anidro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
Álcool Hidratado	112,8	100,0	54,7	44,0	32,6	1,3%	-25,9%
Total Biomassa	**220,2**	**213,9**	**169,5**	**204,5**	**249,0**	**9,7%**	**21,8%**
Total	**1.639,8**	**1.977,5**	**2.273,3**	**2.346,4**	**2.567,1**	**100,0%**	**9,4%**

A Tabela 3.16 confirma que as principais fontes emissoras de NO_x são os combustíveis fósseis, com taxa de crescimento no período de 2005 a 2010 de 8,2%. Em termos de emissões subsetoriais, em 2010 (Tabela 3.17), o subsetor transportes foi o principal responsável pelas emissões de NO_x (56,9%), sendo 50,3% referente ao transporte rodoviário. Seguem os subsetores energético (14,5%) e industrial (11,2%). Os subsetores que mais contribuíram para as emissões apresentaram taxas de crescimento crescentes no período de 2005 a 2010: transportes (3,2%), industrial (18%) e energético (22%).

TABELA 3.17
Emissão de NO_x por subsetor

EMISSÕES POR SUBSETOR		1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
		(Gg NO_x)					(%)	
Subsetor energético amplo	Centrais elétricas de serviço público	52,2	79,1	136,4	143,5	155,2	6,0%	8,2%
	Centrais elétricas autoprodutoras	11,2	15,0	28,6	29,2	48,8	1,9%	67,1%
	Carvoarias	2,7	2,1	1,9	2,5	1,8	0,1%	-28,0%
	Setor Energético	148,8	170,4	228,1	304,6	371,7	14,5%	22,0%
Indústria	Cimento	15,8	14,7	20,9	17,8	27,7	1,1%	55,6%
	Ferro-gusa e aço	10,3	12,3	10,8	11,2	11,4	0,4%	1,8%
	Ferroligas	0,1	0,0	0,3	0,9	0,6	0,02%	-33,3%
	Mineração e pelotização	6,7	9,9	15,7	20,3	21,1	0,8%	3,9%
	Não ferrosos	2,7	4,4	7,3	8,4	9,7	0,4%	15,5%
	Química	27,3	36,5	59,4	61,3	58,3	2,3%	-4,9%
	Alimentos e bebidas	30,2	40,6	44,6	61,2	81,0	3,2%	32,4%
	Têxteis	3,7	2,8	2,5	2,0	1,8	0,1%	-10,0%
	Papel e celulose	14,3	19,2	23,8	28,0	35,7	1,4%	27,5%
	Cerâmica	10,6	13,8	17,5	15,2	19,0	0,7%	25,0%
	Outras indústrias	13,1	15,7	19,9	16,6	20,3	0,8%	22,3%
	Subtotal	**134,8**	**169,9**	**222,7**	**242,9**	**286,6**	**11,2%**	**18,0%**
Transporte	Transporte rodoviário	1.021,6	1.237,5	1.355,3	1.287,4	1.290,6	50,3%	0,2%
	Transporte ferroviário	26,3	22,2	20,9	29,2	47,7	1,9%	63,4%
	Transporte aéreo	4,1	4,6	6,1	6,0	9,3	0,4%	55,0%
	Transporte hidroviário	86,8	88,3	75,1	91,4	112,1	4,4%	22,6%
	Subtotal	**1.138,8**	**1.352,6**	**1.457,4**	**1.414,0**	**1.459,7**	**56,9%**	**3,2%**
Outros subsetores	Residencial	29,2	26,3	28,5	31,3	30,6	1,2%	-2,2%
	Comercial	4,1	4,1	5,3	3,5	2,6	0,1%	-25,7%
	Público	2,3	6,8	4,7	3,1	1,2	0,05%	-61,3%
	Agricultura	115,7	151,2	159,7	171,8	208,9	8,1%	21,6%
Total		**1.639,8**	**1.977,5**	**2.273,3**	**2.346,4**	**2.567,1**	**100%**	**9,4%**

No que se refere às tecnologias adotadas, observa-se uma predominância das emissões de força motriz, que respondem por 71,6% das emissões em 2010, também compatível com a importância que o subsetor de transportes tem para as emissões de NO_x.

Compostos orgânicos voláteis não metânicos

As emissões de compostos orgânicos voláteis que não o metano (NMVOC) estão quantificadas na Tabela 3.18, que indica uma redução de 15,2% das emissões totais no período de 2005 a 2010. Em 2010, foram emitidos 900,5 Gg NMVOC por queima de combustíveis.

TABELA 3.18
Emissão de NMVOC por combustível

EMISSÕES POR COMBUSTÍVEL	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
FÓSSIL	(Gg NMVOC)					(%)	
Gasolina Automotiva	373,8	431,7	351,2	300,7	230,2	25,6%	-23,4%
Gasolina de Aviação	0,6	0,6	0,7	0,5	0,7	0,1%	40,0%
Querosene Iluminante	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Querosene de Aviação	0,6	0,7	1,0	0,8	0,5	0,1%	-37,5%
Óleo diesel	60,9	74,5	88,7	88,5	91,1	10,1%	2,9%
Óleo combustível	3,6	4,1	3,7	3,2	3,4	0,4%	6,2%
GLP	0,8	0,7	1,2	1,3	1,2	0,1%	-7,7%
Coque de petróleo	0,1	0,5	9,5	10,3	16,8	1,9%	63,1%
Lignito	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0%	-
Carvões sub-bituminosos	0,5	0,3	0,2	0,1	0,3	0,0%	200,0%
Outros carvões bituminosos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Carvões coqueificáveis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Alcatrão	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0%	-
Coque de carvão mineral	0,4	0,0	0,0	0,5	0,4	0,0%	-20,0%
Gás Natural Úmido	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,1%	25,0%
Gás Natural Seco	0,2	0,4	1,0	2,4	3,0	0,3%	25,0%
Gás de Refinaria	0,3	0,4	0,6	0,8	0,8	0,1%	0,0%
Outros energéticos de petróleo	0,7	1,0	2,1	2,1	2,2	0,2%	4,8%
Gás Canalizado	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Gás de Coqueria	0,9	1,1	1,0	1,1	1,3	0,1%	18,2%
Outras Fontes Primárias Fósseis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Total Fóssil	**443,9**	**516,4**	**461,3**	**412,7**	**352,5**	**39,1%**	**-14,6%**

continua na próxima página

BIOMASSA	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(Gg NMVOC)					(%)	
Lenha	567,9	448,6	437,2	559,0	455,7	50,6%	-18,5%
Carvão Vegetal	18,8	13,1	12,1	15,1	14,4	1,6%	-4,6%
Bagaço	16,7	18,1	14,5	21,8	33,8	3,8%	55,0%
Outras Primárias (biogás)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Outras Primárias (biomassa)	4,8	5,5	6,1	8,6	14,2	1,6%	65,1%
Lixívia	0,2	0,3	0,3	0,5	0,7	0,1%	40,0%
Álcool Anidro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Álcool Hidratado	115,2	102,8	55,9	43,8	29,2	3,2%	-33,3%
Total Biomassa	**723,6**	**588,4**	**526,1**	**648,8**	**548,0**	**60,9%**	**-15,5%**
Total	**1.167,5**	**1.104,8**	**987,4**	**1.061,5**	**900,5**	**100,0%**	**-15,2%**

A Tabela 3.18 mostra que predominam as emissões derivadas do uso de fontes da biomassa (60,9%), as quais apresentam uma redução de 15,5% no período de 2005 a 2010. A maior contribuição dos combustíveis da biomassa para as emissões de NMVOC fica por conta da lenha, que detém 50,6% das emissões totais em 2010. No que tange as emissões dos combustíveis fósseis, verifica-se também uma redução, nesse caso, de 14,6% para o período. Em 2010, predominam as emissões da gasolina, que participa com 25,6% das emissões totais e óleo diesel, com 10,1% das emissões. Observa-se no período de 2005 a 2010 uma redução das emissões de NMVOC derivadas do consumo da gasolina de 300,7 para 230,2 Gg e, no caso do óleo diesel, um aumento de 88,5 para 91,1 Gg.

Em termos de emissões subsetoriais, em 2010 (Tabela 3.19), o setor de transporte foi o principal responsável pelas emissões de NMVOC, em função do transporte rodoviário (35,8%), seguido pelas carvoarias (24,1%) e subsetor residencial (21,8%). Observa-se uma redução das emissões no período de 2005 a 2010 para carvoarias (29%), transporte rodoviário (21,5%) e subsetor residencial (11%).

TABELA 3.19

Emissão de NMVOC por subsetor

EMISSÕES POR SUBSETOR		1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
		(Gg NMVOC)					(%)	
Subsetor energético amplo	Centrais elétricas de serviço público	0,8	1,4	2,1	3,0	3,5	0,4%	16,7%
	Centrais elétricas autoprodutoras	0,4	0,6	1,2	1,5	2,4	0,3%	60,0%
	Carvoarias	321,2	253,6	233,3	305,8	217,0	24,1%	-29,0%
	Setor Energético	15,0	16,0	12,9	18,6	28,7	3,2%	54,3%

continua na próxima página

EMISSÕES POR SUBSETOR		1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
		(Gg NMVOC)					(%)	
Indústria	Cimento	2,3	1,8	8,3	9,2	14,6	1,6%	58,7%
	Ferro-gusa e aço	1,1	1,3	1,1	1,2	1,4	0,2%	16,7%
	Ferroligas	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,0%	0,0%
	Mineração e pelotização	0,7	0,3	0,8	1,8	2,7	0,3%	50,0%
	Não-ferrosos	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,0%	0,0%
	Química	2,5	2,9	3,3	3,4	3,4	0,4%	0,0%
	Alimentos e bebidas	9,2	9,2	9,7	11,1	14,5	1,6%	30,6%
	Têxteis	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0%	0,0%
	Papel e celulose	7,9	9,0	10,2	12,7	18,5	2,1%	45,7%
	Cerâmica	4,1	3,7	4,2	4,5	6,4	0,7%	42,2%
	Outras indústrias	2,5	2,4	3,5	3,9	5,0	0,6%	28,2%
	Subtotal	**31,2**	**31,2**	**41,7**	**48,6**	**67,3**	**7,5%**	**38,5%**
Transporte	Transporte rodoviário	534,9	589,9	475,3	410,4	322,0	35,8%	-21,5%
	Transporte ferrroviário	2,3	2,0	1,9	2,6	4,2	0,5%	61,5%
	Transporte aéreo	1,3	1,3	1,7	1,3	1,2	0,1%	-7,7%
	Transporte hidroviário	3,0	3,0	2,6	3,1	3,9	0,4%	25,8%
	Subtotal	**541,5**	**596,2**	**481,5**	**417,4**	**331,3**	**36,8%**	**-20,6%**
Outros subsetores	Residencial	216,5	164,9	175,9	220,3	196,1	21,8%	-11,0%
	Comercial	2,8	2,4	2,5	2,4	2,7	0,3%	12,5%
	Público	0,3	0,8	0,8	0,6	0,4	0,0%	-33,3%
	Agricultura	37,8	37,7	35,5	43,3	51,1	5,7%	18,0%
Total		**1.167,5**	**1.104,8**	**987,4**	**1.061,5**	**900,5**	**100%**	**-15,2%**

As emissões de NMVOC por subsetor, com predominância do subsetor de transporte, modal rodoviário, que participa com 35,8%, seguido das carvoarias, que contribuem com 24,1% e do subsetor residencial que emitiu 21,8% do total, em 2010.

O uso em aquecimento direto destaca-se com 51,3% das emissões, em 2010, seguido por força motriz com 30,2% de participação nas emissões totais de NMVOC, em 2010.

3.1.3. Emissões Fugitivas

3.1.3.1. Emissões fugitivas da mineração de carvão

Nesta seção são apresentadas as estimativas das emissões de gases de efeito estufa da indústria de carvão mineral, nas operações de mineração e beneficiamento, para o período de 1990 a 2010. As estimativas compreendem as emissões fugitivas de CH_4 das minas a céu aberto e subterrâneas e das atividades pós-mineração. Além dessas, são também estimadas as emissões de CO_2 provenientes da queima espontânea nas pilhas de rejeito. No período compreendido entre 1990 e 2010, não foram registrados no Brasil casos envolvendo a recuperação de gases e conversão térmica em empresas de mineração de carvão, sendo desconsiderada essa categoria para a aplicação da metodologia do IPCC (1996).

O carvão mineral é formado a partir do soterramento e da decomposição de matéria vegetal. Gradualmente, esses materiais, ao sofrerem soterramento e compactação em bacias de deposição, apresentam enriquecimento do teor de carbono. Fatores externos, tais como pressão, temperatura, e tempo de exposição, determinam as características do carvão, incluindo o grau de carbonificação desses combustíveis.

A produção de carvão mineral no Brasil ocorre nos três estados do sul do país, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, onde estão localizadas as principais reservas minerais de carvão. O Rio Grande do Sul é o estado que possui as maiores reservas geológicas, seguido por Santa Catarina e depois pelo Paraná. O perfil da qualidade do carvão brasileiro varia do sul para o norte, com a diminuição do teor de cinzas – aumento do poder calorífico e aumento do teor de enxofre, com necessidade de controle ambiental devido às emissões de SO_x (óxidos de enxofre – SO_2 e SO_3).

É inerente ao processo de formação de carvão a geração de CH_4, que é liberado para a atmosfera no processo de mineração. A quantidade de CH_4 liberada durante a mineração é função inicialmente da classificação do carvão, da profundidade em que o mesmo se encontra, do seu conteúdo de gás e do método de mineração. Emissões de CO_2 também podem ocorrer como consequência da queima de carvão em depósitos e pilhas de rejeitos.

Dois tipos de carvão mineral são produzidos no Brasil: o carvão energético, também chamado de carvão vapor, de aplicação industrial na geração de vapor e energia; e o carvão metalúrgico, de aplicação industrial nas indústrias siderúrgicas. O que se observa é que houve um aumento da produção de carvão energético no período de 1990 a 2010. O carvão metalúrgico, por sua vez, desde 2010 passou a ser totalmente importado.

A dependência brasileira do carvão mineral importado passou de 79% em 2005 para 82% em 2010, principalmente por conta do carvão do tipo metalúrgico, sendo que nos anos 80 foi quando deu-se início à substituição do carvão metalúrgico nacional na siderurgia pelo carvão importado.

A produção total de carvão bruto (*run-of-mine* – ROM) no Brasil está demonstrada na Tabela 3.20. Pode-se observar que houve uma pequena redução em termos de produção em comparação à 2005, sendo que em 2010, 53,6% da produção de carvão mineral foram provenientes de minas subterrâneas e 46,4%, das minas a céu aberto. Os dados utilizados para o desenvolvimento deste trabalho e aplicação da metodologia do IPCC foram obtidos

junto à fontes oficiais dos órgãos nacionais de governo, especificamente o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), vinculado ao MME. Essas publicações foram extintas em 2000, o que motivou a revisão da base de dados e a realização de uma consulta ao Relatório Anual de Lavra (RAL), informado pelo setor ao DNPM.

Os dados de produção de carvão ROM foram obtidos dos Informativos Anuais da Indústria Carbonífera/DNPM, com detalhamento por mina. Entretanto, para o ano de 1997, não existem dados detalhados por minas para os estados do Rio Grande do Sul e Paraná e para o ano de 2000 não há dados para todos os estados. O Anuário Mineral Brasileiro do DNPM fornece a produção de carvão ROM por estado, para o período de 1996 a 2000 e dos produtos beneficiados no período de 1996 a 2010. A partir de 2005 os dados foram extraídos diretamente do RAL, anos-base 2006 a 2012, junto ao DNPM dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

A participação do carvão mineral e de seus subprodutos na oferta de energia primária no Brasil diminui de 6,8% em 1990 para 6,4% em 2005, e depois para 5,4% em 2010. A participação do carvão mineral na oferta de energia primária supera a produção nacional, devido à importação por diversos setores.

TABELA 3.20
Produção de carvão Run-of-mine *(ROM)*

CARVÃO RUN-OF-MINE (ROM)	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	PRODUÇÃO (t)					(%)	
Mineração a céu aberto							
Rio Grande do Sul	3.577.545	3.587.888	5.950.038	4.250.367	4.523.071	46,4%	6,4%
Santa Catarina	21.970	453.236	383.873	131.720	0	0,0%	-100,0%
Paraná	0	0	0	0	0	0,0%	-
Total minas a céu aberto	**3.599.515**	**4.041.124**	**6.333.911**	**4.382.087**	**4.523.071**	**46,4%**	**3,2%**
Mineração subterrânea							
Rio Grande do Sul	213.527	86.931	53.058	0	0	0,0%	-
Santa Catarina	6.231.261	5.163.126	5.571.109	6.300.417	4.933.730	50,6%	-21,7%
Paraná	239.313	254.172	108.225	287.573	293.328	3,0%	2,0%
Total minas subterrâneas	**6.684.101**	**5.504.229**	**5.732.392**	**6.587.990**	**5.227.058**	**53,6%**	**-20,7%**
Total Brasil	**10.283.616**	**9.545.353**	**12.066.303**	**10.970.077**	**9.750.129**	**100%**	**-11,1%**

Emissões de metano

O teor de metano presente no carvão está relacionado com fatores como *rank* (grau de carbonificação da matéria vegetal de origem), profundidade da camada e propriedades físico-químicas, entre outras. Porém, existem fatores geológicos relevantes que afetam o equilíbrio dinâmico do metano presente na camada de carvão.

Da mesma forma como apresentado no Segundo Inventário, apesar do esforço inicial de estudos para a busca de fatores de emissão que refletissem melhor a realidade brasileira da mineração e do beneficiamento do carvão mineral,

para esta publicação, optou-se por adotar os fatores de emissão mínimos da abordagem *Tier 1* do *Guidelines* 1996, não só para a pós-mineração, mas, coerentemente, para a mineração também. Tal medida visa a resguardar a confiabilidade dos valores a serem calculados, considerando que a parte experimental apontou divergências entre o comportamento previsto conceitualmente para as emissões de metano e os resultados efetivamente encontrados nas minas amostradas. Para o caso de minas a céu aberto, o valor mínimo nulo para a pós-mineração foi descartado e usado um valor arbitrado para manter as emissões medidas como não nulas. Os fatores adotados neste Inventário estão na tabela 3.21.

TABELA 3.21

Fatores de emissão para CH_4 das emissões fugitivas da produção de carvão mineral

FATORES DE EMISSÃO PARA EMISSÕES FUGITIVAS DE METANO DO CARVÃO MINERAL	BAIXO NÍVEL DE EMISSÃO	
	MINERAÇÃO	PÓS-MINERAÇÃO
	(M^3 CH_4/t CARVÃO)	
Minas subterrâneas	10	0,9
Minas a céu aberto	0,3	0,05

As emissões totais de CH_4 são exibidas na Tabela 3.22. Desse total, as minas subterrâneas contribuíram com 89,26%, as minas a céu aberto com 2,3% e as emissões das atividades pós-mineração com 8,4%.

TABELA 3.22

Emissões de CH_4 das minas de carvão

EMISSÕES DA MINERAÇÃO E PÓS-MINERAÇÃO DO CARVÃO	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(Gg CH_4)					(%)	
Mineração a céu aberto							
Rio Grande do Sul	0,7	0,7	1,2	0,9	0,9	2,3%	6,4%
Santa Catarina	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0%	-100,0%
Paraná	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%	-
Total	**0,7**	**0,8**	**1,3**	**0,9**	**0,9**	**2,3%**	**3,2%**
Mineração minas subterrâneas							
Rio Grande do Sul	1,4	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0%	-
Santa Catarina	41,7	34,6	37,3	42,2	33,1	84,3%	-21,7%
Paraná	1,6	1,7	0,7	1,9	2,0	5,0%	2,0%
Total	**44,8**	**36,9**	**38,4**	**44,1**	**35,0**	**89,3%**	**-20,7%**

continua na próxima página

EMISSÕES DA MINERAÇÃO E PÓS-MINERAÇÃO DO CARVÃO	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(Gg CH_4)					(%)	
Pós-mineração							
Rio Grande do Sul	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4%	6,4%
Santa Catarina	3,8	3,1	3,4	3,8	3,0	7,6%	-21,8%
Paraná	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,5%	2,0%
Total	**4,2**	**3,5**	**3,7**	**4,1**	**3,3**	**8,4%**	**-19,8%**
Total Brasil	**49,7**	**41,1**	**43,3**	**49,1**	**39,2**	**100%**	**-20,2%**

Emissões de dióxido de carbono

O carbono presente no carvão mineral pode ser convertido em emissões de CO_2 a partir da combustão espontânea na armazenagem e nos rejeitos, bem como no consumo final. Considera-se neste Inventário que todo o carvão ROM extraído foi processado, resultando em carvão beneficiado (energético) e rejeitos. Para a avaliação das emissões de CO_2 decorrentes da combustão espontânea em pilhas de rejeito, estimou-se a quantidade do rejeito por meio dos registros nas empresas, dos balanços de massa e do teor médio de carbono no carvão mineral ROM e nos produtos beneficiados. Nessa avaliação, foi considerado o carvão ROM como um produto que não permanece como tal na mina após a extração, sendo imediatamente beneficiado ou vendido.

Um fator limitante para os cálculos das emissões de CO_2 é o desconhecimento do tempo de estocagem dos carvões *run-of-mine* e beneficiado, bem como das pilhas de rejeito. Considerou-se para este trabalho que as minas só produzem carvão sob encomenda ou com mercado consumidor garantido e, portanto, não administram estoques. Considerou-se, também, que todo o carbono presente no carvão ROM foi transferido tanto para os produtos beneficiados quanto para os rejeitos, sendo as perdas do processo contabilizadas nos rejeitos. Como em Santa Catarina, também ocorreu o rebeneficiamento de rejeitos. Foram estimados os percentuais de carbono presentes nesses rejeitos, e o carbono assim calculado foi acrescentado ao carbono no carvão *run-of-mine* para o balanço de massa. Para o cálculo das emissões de CO_2, utilizou-se um fator de oxidação de 50% para os rejeitos.

As estimativas das emissões de CO_2 dos depósitos de carvão e pilhas de rejeitos podem ser observadas na Tabela 3.23 separadamente e para os estados produtores.

TABELA 3.23

Emissões de CO_2 dos depósitos de carvão e pilhas de rejeito

CÁLCULO DAS EMISSÕES DE CO_2 DAS PILHAS DE REJEITO	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
Carbono no carvão Run-of-Mine (t)						
Rio Grande do Sul	890.966	892.079	1.437.521	903.529	1.008.459	11,6%
Santa Catarina	1.438.429	1.331.633	1.390.053	1.628.249	1.377.788	-15,4%
Paraná	58.870	57.791	24.892	66.142	64.532	-2,4%
Brasil	**2.388.265**	**2.281.503**	**2.852.467**	**2.597.920**	**2.450.779**	-5,7%
Carbono nos produtos (t)						
Rio Grande do Sul	785.152	849.515	1.110.514	935.733	545.806	-41,7%
Santa Catarina	812.407	872.812	1.013.524	910.669	859.948	-5,6%
Paraná	52.684	57.181	24.167	30.429	38.043	25,0%
Brasil	**1.650.244**	**1.779.508**	**2.148.205**	**1.876.831**	**1.443.796**	-23,1%
Carbono nos rejeitos (t)						
Rio Grande do Sul	105.814	42.564	327.008	0	462.653	-
Santa Catarina	626.022	458.821	376.529	717.580	517.841	-27,8%
Paraná	6.186	610	725	35.712	26.490	-25,8%
Brasil	**738.022**	**501.995**	**704.262**	**753.292**	**1.006.983**	33,7%
Emissões (Gg CO_2)	**1.353**	**920**	**1.291**	**1.381**	**1.846**	**33,7%**

3.1.3.2. Emissões fugitivas do petróleo e do gás natural

Nesta categoria estão incluídas as emissões da produção, processamento, transporte e uso do petróleo e do gás natural, bem como da combustão não relacionada à produção. São estimadas, portanto, as emissões antrópicas de CO_2, CH_4 e N_2O devido às atividades de petróleo e gás natural. As áreas cujas fontes de emissões fugitivas estão contempladas são: Exploração e Produção (E&P), Refino e Transporte. Além das emissões relativas à Petrobras também são apresentadas, em caráter inédito, as estimativas de emissões das demais companhias que realizam atividades da indústria de petróleo e gás no Brasil, de 2003 a 2010, calculadas a partir de uma extrapolação de dados, a partir da produção e processamento e da aplicação de fatores de emissão implícitos anuais da Petrobras.

As emissões associadas ao petróleo e ao gás natural incluem as emissões fugitivas de CH_4 durante a extração de petróleo e gás natural (*venting*), durante o transporte e distribuição em dutos e navios e durante seu processamento nas refinarias. São também consideradas as emissões de CO_2 por combustão não útil (*flaring*) nas plataformas de extração de petróleo e gás natural e nas unidades de refinarias. Foram contemplados os seguintes processos e equipamentos:

- >> Exploração e Produção (E&P): tocha (*flare*), ventilação de gás, *flash* de metano em tanques, processo de desidratação a glicol, processo de remoção de CO_2 do gás (MEA/DEA), passagens de *pig* em linhas, fugitivas em componentes de linhas (flanges, conectores, válvulas, selos de bomba e compressor, drenos e outros), atividades de perfuração, derramamento de petróleo em canaletas, despressurização e limpeza de tanques e vasos;
- >> Refino: regenerador da Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido (UFCC), Unidades de Geração de Hidrogênio (UGH), fugitivas em componentes de linhas (flanges, conectores, válvulas, selos de bomba e compressor, drenos e outros), tocha (*flare*), ventilação de gás, processo de desidratação a glicol e passagens de *pig* em linhas e;
- >> Transporte: despressurização de linhas, fugitivas em componentes de linhas (flanges, conectores, válvulas, selos de bomba e compressor, drenos e outros), gasoduto, ventilação de gás, tocha (*flare*), *flash* de metano em tanques e passagem de *pig* em linhas.

O uso de óleo e gás natural, ou de seus derivados, para uso interno na produção, processamento e transporte de óleo e gás é considerado como combustão e, portanto, tratado em outra seção do setor energético.

Dados de produção de óleo condensado e líquidos de gás natural (LGN) foram utilizados nos cálculos de emissões fugitivas da área de E&P e para as estimativas de emissões da área de Refino, foram utilizados dados de volume de carga processada nas refinarias. Os dados nacionais de produção de óleo, condensado e LGN foram obtidos pela Petrobras, para os anos entre 1990 e 2000, e pela ANP, para os anos de 2000 a 2010. A Tabela 3.24 apresenta os dados para os anos de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010.

TABELA 3.24

Produção de Óleo Condensado e Líquidos de Gás Natural

PRODUÇÃO	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(BPD*)					(%)	
Óleo condensado	631.256	693.024	1.234.592	1.633.574	2.054.668	96,1%	25,8%
LGN	22.372	23.137	35.931	79.297	82.749	3,9%	4,4%
Total	**653.628**	**716.161**	**1.270.523**	**1.712.871**	**2.137.417**	**100%**	**24,8%**

* *bpd- barris por dia*

A carga processada nas refinarias foi obtida na página eletrônica da ANP para os anos de 2000 a 2010. Para os anos de 1990 e 1999, o volume de carga processada foi obtido no BEN. Os dados para os anos de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010 podem ser observados na Tabela 3.25.

TABELA 3.25

Volume de óleo processado pelas refinarias brasileiras

VOLUME DE PETRÓLEO PROCESSADO NAS REFINARIAS BRASILEIRAS	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(BPD*)					(%)
	1.175.310	1.236.720	1.619.328	1.740.720	1.813.257	4,2%

* *bpd- barris por dia*

O Inventário de emissões fugitivas do setor de óleo e gás contempla os três *Tiers*, dependendo do período considerado, de qual gás de efeito estufa e da tipologia de fonte de emissão. A Tabela 3.26 apresenta as emissões estimadas.

TABELA 3.26
Emissões fugitivas de óleo e gás natural

GÁS	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005-2010
	(Gg)					(%)
CO_2	6.201	6.594	9.446	12.496	13.368	7,0%
CH_4	40,8	44,4	75,7	157,1	141,7	-9,8%
N_2O	0,06	0,06	0,11	0,21	0,21	0,0%

No que se refere às emissões de CH_4, nota-se uma participação maior da área da E&P nas emissões totais do subsetor, porém passando de 89,9% em 2005 para 87,2% em 2010. No caso das emissões fugitivas de N_2O, também há uma participação maior da E&P, representando 95,7% em 2010. As emissões de CO_2 são aquelas relacionadas às atividades de *flaring*. Como consequência do relativo aumento da produção, observa-se, no período de 2005 a 2010, um aumento de 7% nas emissões totais de CO_2.

A produção de óleo condensado apresentou um crescimento de 25,8% no período de 2005 a 2010, enquanto a de LGN cresceu 4,4%. Apesar deste aumento, por conta dos fatores de emissões aplicados, observou-se que, no que se refere às atividades de E&P, apenas as emissões fugitivas de CO_2 aumentaram em 4,4%, enquanto as de CH_4 e N_2O reduziram em 12,4% e 0,1%, respectivamente, no período entre 2005 e 2010.

As emissões de CO_2 e CH_4, referentes às atividades de refino, apresentam crescimento no intervalo de 2005 a 2010. Em termos de produção, observa-se um aumento do volume de carga processada nas refinarias brasileiras de 4,2%. As emissões fugitivas da área de Refino aumentaram 9,6% para o CO_2, 10% para o CH_4 e reduziu 14,1% para o N_2O.

3.2. PROCESSOS INDUSTRIAIS

Algumas indústrias geram gases de efeito estufa como subproduto dos seus processos produtivos. Além dessas emissões, o setor industrial também é responsável por uma parte das emissões de CO_2 por queima de combustíveis fósseis para geração de energia. Essas últimas emissões são alocadas no setor de energia.

Os principais processos industriais que geram emissões de CO_2 no Brasil são a siderurgia, a produção de cimento, a produção de cal, a produção de alumínio e a produção de amônia. A produção de ferro-gusa e aço é a maior emissora de CH_4 devido à utilização de carvão vegetal pelas indústrias guseiras. Emissões de N_2O ocorrem principalmente nos processos de produção de ácido adípico e ácido nítrico e também na produção de ferro-gusa e aço. Durante a produção de ferro-gusa e aço, ferroligas e alumínio, também ocorrem emissões de CO e de PFCs (CF_4 e C_2F_6).O principal processo gerador de NO_x é a produção de papel e celulose. O subsetor de alimentos e bebidas é

responsável pela grande maioria das emissões de NMVOC pelos processos industriais. Emissões de HFCs ocorrem durante a sua utilização no setor de refrigeração e durante a produção de HCFC-22.

3.2.1. Produtos Minerais

3.2.1.1. Produção de cimento

O Brasil encontrava-se em sexto lugar na produção mundial de cimento em 2011, conforme informações do Relatório Anual do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento de 2012 (SNIC, 2012) e a produção ocorria em diversas unidades da Federação. Em 2012 o parque industrial cimenteiro era constituído por 83 fábricas, das quais 53 eram fábricas integradas (sendo 46 associadas ao SNIC e 7 não associadas), com forno de produção de clínquer, e 30 eram apenas moagens (sendo 22 associadas ao SNIC e 8 não associadas), que partem do clínquer pronto.

Em escala mundial, aproximadamente 90% das emissões de CO_2 oriundas da fabricação de cimento ocorrem durante a produção de clínquer, seja na calcinação/descarbonatação da matéria-prima, seja com a queima de combustíveis no interior do forno. A parcela restante resulta do transporte de matérias-primas e das emissões pelo consumo de energia elétrica na fábrica. As emissões relatadas neste Setor de Processos Industriais são apenas as da calcinação/descarbonatação da matéria-prima.

O clínquer é obtido a partir da calcinação de calcário ($CaCO_3$), processo em que ocorrem as emissões de CO_2. A Tabela 3.27 apresenta um resumo dos dados para o período de 1990 a 2010.

TABELA 3.27
Produção de cimento e clínquer

PRODUTO	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	(10^3 t)					(%)
Cimento	25.848	28.256	39.901	38.706	59.117	52,7%
Clínquer	20.161	21.071	29.227	26.307	39.119	48,7%

Fonte: Sindicato Nacional da Indústria do Cimento – SNIC (2012).

A indústria do cimento nacional tem tradição no uso de cimentos com adições, com aproveitamento de subprodutos de outras atividades (como escórias siderúrgicas e cinzas de termelétricas) e matérias-primas alternativas. Essa adição é realizada há mais de 50 anos no país, prática que só mais recentemente vem sendo adotada no mundo e que, além de diversificar as aplicações e características específicas do cimento, propicia a redução das emissões de CO_2, tanto pela diminuição da produção de clínquer, quanto pela redução do uso de combustíveis fósseis. A crescente utilização, desde longa data, de adições ao cimento no Brasil tem representado uma das mais eficazes medidas de controle e redução das emissões de CO_2 da indústria.

Por esse motivo o setor cimenteiro brasileiro tem se empenhado na obtenção de informação detalhada necessária à aplicação da metodologia setorial da *Cement Sustainability Initiative* (CSI), uma iniciativa dos maiores grupos cimenteiros do mundo vinculada ao *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), com o objetivo de desenvolver uma série de ações de caráter ambiental, dentre as quais o controle e monitoramento das emissões de GEE. Essas informações são compatíveis com a abordagem *Tier* 3 das Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa de 2006 do IPCC (IPCC, 2006), que considera as composições das matérias-primas (carbonatos) utilizadas, corrige as emissões pelo conteúdo de MgO e inclui outros parâmetros específicos como a correção da poeira do forno de cimento (*Cement Kiln Dust* – CKD), que é considerada como uma perda do sistema, e o carbono da matéria orgânica contido nas matérias-primas. As emissões de CO_2 foram calculadas usando o *default* recomendado pela metodologia CSI e, quando não houve dados disponíveis, foi utilizado o FE de 0,536 tCO_2/t clínquer considerando-se o carbono orgânico contido na matéria-prima. Os resultados estão resumidos na Tabela 3.28.

TABELA 3.28

Emissões de CO_2 do processo de descarbonatação do calcário na produção de cimento

FONTE DE EMISSÃO	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	(Gg CO_2)					(%)
Produção de Cimento	11.062	11.528	16.047	14.349	21.288	48,4%

3.2.1.2. Produção de cal

Em 2010, o Brasil era responsável por 2,5% da produção mundial de cal, sendo o quarto maior produtor, antecedido pela China, Estados Unidos e Índia, nessa ordem.

O termo cal é utilizado, na literatura brasileira e nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para designar o produto composto por óxido de cálcio (CaO) e por óxido de cálcio e magnésio (CaO. MgO), resultantes da calcinação de calcários, calcários magnesianos e dolomíticos. A cal é classificada conforme o percentual de óxido de cálcio total. Sendo assim, ao se referir a um tipo de cal, refere-se na realidade a uma gama de produtos, com composições de CaO e CaO.MgO variáveis.

A cal é formada pelo aquecimento do calcário para decompor os carbonatos, num processo chamado de calcinação ou descarbonatação. Isso é feito em altas temperaturas num forno rotativo e o processo libera CO_2. Por sua vez, a cal hidratada é obtida a partir da cal virgem, com operações de adição de água. A dolomita ($CaCO_3.MgCO_3$) pode também ser processada em altas temperaturas para se obter cal dolomítica (e liberação de CO_2). A cal é um produto com diversas aplicações, entre as quais se podem destacar a metalurgia, a construção civil, a indústria de papel e celulose, o tratamento de água e de efluentes, o controle de pH e a estabilização de solos.

A Tabela 3.29 apresenta a produção de cal virgem e cal hidratada ($Ca(OH)_2$ ou $Ca(OH)_2 \cdot Mg(OH)_2$), para alguns anos do período de 1990-2010.

TABELA 3.29
Produção de cal no Brasil

PRODUTO	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	PRODUCÃO (10^3 t)					(%)
Cal virgem – associados à ABPC	1.335	1.444	1.595	2.189	4.677	26,1%
Cal virgem – não associados à ABPC	646	546	1.491	1.521		
Cal virgem – produção cativa	1.048	1.427	1.546	1.392	995	-28,5%
Cal virgem total	**3.029**	**3.417**	**4.632**	**5.102**	**5.672**	**11,2%**
Cal hidratada – associados à ABPC	978	1.273	1.244	1.165	2.089	10,8%
Cal hidratada – não associados à ABPC	893	754	682	720		
Cal hidratada total	**1.871**	**2.027**	**1.926**	**1.885**	**2.089**	**10,8%**
Total	**4.900**	**5.444**	**6.558**	**6.987**	**7.761**	**11,1%**

Fonte: Associação Brasileira dos Produtores de Cal (ABPC).

De maneira similar aos processos de produção do cimento e da cal, há outros em que o calcário e a dolomita são submetidos a altas temperaturas e em que o CO_2 é liberado, ao mesmo tempo em que a cal também produzida entra em diversas outras reações. Nesse item, estão englobados os processos que envolvem a calcinação de calcário e dolomita, fora os relativos ao cimento e à cal. Para outros usos, foram analisadas a siderurgia, a produção de vidro e a produção de magnésio. As emissões de CO_2 da produção de cal e as ligadas a outros usos do calcário e da dolomita estão apresentadas na Tabela 3.30.

TABELA 3.30
Emissões de CO_2 da produção de cal e outros usos do calcário e da dolomita

EMISSÕES DE CO_2	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	(Gg CO_2)					(%)
Produção da cal	3.688	4.104	5.008	5.356	5.950	11,1%
Outros usos do calcário e da dolomita	1.630	1.728	1.756	1.815	3.060	68,6%

3.2.1.3. Produção e consumo de barrilha

A barrilha (carbonato neutro de sódio – Na_2CO_3) é usada como insumo em um grande número de indústrias, incluindo a manufatura de vidro, sabão e detergente, produção de papel e de polpa de celulose e tratamento de água.

Quatro diferentes processos podem ser usados comercialmente para produzir barrilha. Três deles são referidos como processos naturais e usam trona como insumo básico. O quarto, o processo *Solvay*, é classificado como processo sintético. Os processos naturais são os únicos que produzem emissões de CO_2 durante a fabricação de

barrilha. A produção brasileira, descontinuada a partir de 2002, usava o processo sintético e, portanto, nenhuma emissão líquida foi produzida

Há emissões de CO_2 quando a barrilha é consumida na indústria. O consumo é calculado a partir das informações sobre produção, importação e exportação de barrilha no Brasil, mostrados na Tabela 3.31.

TABELA 3.31
Produção, importação, exportação e consumo de barrilha

PRODUTO	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	(t)					(%)
Produção	195.893	203.950	190.616	-	-	NA
Importação	242.788	392.071	393.845	597.888	954.675	59,7%
Exportação	-	2	4	2	47	2230,0%
Consumo	**438.681**	**596.019**	**584.457**	**597.886**	**954.629**	**59,7%**

Fonte: ABIQUIM.

Para as estimativas das emissões de CO_2, assume-se que um mol de carbono seja liberado a cada mol de barrilha consumido. Dessa forma foi usado o fator de emissão de 0,415 t CO_2/t Na_2CO_3. As estimativas das emissões estão apresentadas na Tabela 3.32.

TABELA 3.32
Emissão de CO_2 pelo consumo da barrilha

USO DA BARRILHA	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	(Gg CO_2)					(%)
Emissões de CO_2	182	247	243	248	396	59,7%

3.2.2. Indústria Química

Vários processos produtivos da indústria química nacional resultam em emissões de gases de efeito estufa (CO_2, CH_4 e N_2O) como também de gases de efeito estufa indireto (CO, NO_x e NMVOC). Essas emissões do setor químico no Brasil estão associadas às produções de amônia, ácido nítrico, ácido adípico, caprolactama, carbureto de cálcio, dos petroquímicos (metanol, eteno, dicloroetano e cloreto de vinila, óxido de eteno e acrilonitrila), negro-de-fumo e coque de petróleo. Adicionalmente, outros químicos como resinas ABS, anidrido ftálico, borracha de butadieno estireno (SBR), estireno, etilbenzeno, formaldeído, policloreto de vinila (PVC), poliestireno, polietileno PEAD, polietileno PEBD, polietileno PELBD, polipropileno e propeno produzem emissões indiretas de compostos orgânicos voláteis como SO_2, NO_x, NMVOC e CO. A produção de óxido de titânio não foi avaliada, pois a rota tecnológica utilizada no Brasil não emite GEE.

Com o avanço das tecnologias de produção de biocombustíveis, a indústria química nacional tem começado a substituir os combustíveis fósseis, utilizados como matérias-primas em seus processos produtivos, por combustíveis de origem renovável. Tal ação visa à redução das emissões de gases de efeito estufa de processo. Adicionalmente, novas tecnologias de controle de N_2O foram adotadas, principalmente para a produção dos ácidos adípico, que era responsável pelas maiores emissões desse tipo de gás de efeito estufa.

Os gases de efeito estufa direto foram estimados a partir do *Guidelines* 2006 (IPCC, 2006) e os de efeito estufa indireto pelo *Guidelines 1996* (IPCC, 1997).

3.2.2.1. Produção de amônia

A amônia é um dos produtos químicos básicos, produzido em grandes quantidades, utilizado como fonte de nitrogênio. É matéria-prima para a fabricação de ureia, principal fertilizante nitrogenado, e para a produção de ácido nítrico, intermediário na produção de nitrato de amônio fertilizante e nitrato de amônio explosivo.

A produção de amônia requer uma fonte de hidrogênio e outra de nitrogênio. A fonte de nitrogênio é o ar atmosférico. O hidrogênio pode ser obtido de diferentes matérias-primas como: resíduo asfáltico, gás residual de refinaria, gás natural, nafta petroquímica e etanol.

Como subproduto da fabricação de amônia, é gerado CO_2, que é liberado na atmosfera. Entretanto, quando há integração com uma planta de ureia ou de metanol, parte do CO_2 é utilizada como matéria-prima na produção desses produtos; alternativamente, o CO_2 também pode ser recuperado para utilização como fluido refrigerante, na carbonatação de líquidos e como gás inerte. Mas, em todos esses casos, o CO_2 utilizado não é descontado das emissões da produção da amônia, pois acaba sendo emitido a curto prazo, quando de sua utilização.

Até 2005, as emissões relativas à produção da amônia foram estimadas com base na medição dos combustíveis utilizados como matérias-primas no processo, conforme o *Guidelines* 2006, sem o devido desconto da parcela de CO_2 destinada à produção de ureia nas plantas integradas conforme orientação do *Guidelines* 1996. Após esse, considerando-se as matérias-primas utilizadas no Brasil e seus respectivos FEs, obteve-se um valor médio para o fator de emissão nacional de 1,46 t de CO_2/t de amônia, que foi aplicado para todos os anos do período 1990 a 2010.

A produção de amônia está apresentada na Tabela 3.33 e as emissões de CO_2 correspondentes na Tabela 3.34.

3.2.2.2. Produção de ácido nítrico

O ácido nítrico (HNO_3) é um composto inorgânico usado principalmente na fabricação de fertilizantes sintéticos. É o composto mais importante como insumo na fabricação de ácido adípico, como intermediário na produção de ácido nítrico concentrado, para agente de nitração de compostos orgânicos e, também, na fabricação de explosivos.

O processo de produção tradicional e comercialmente disponível do ácido nítrico envolve a oxidação catalítica de amônia com o ar e as reações subsequentes dos produtos da oxidação com a água, por meio do processo de *Ostwald*, com geração de N_2O como subproduto. Além disso, pode haver emissões de NO_x não derivadas de combustão.

Nas unidades de produção no Brasil, que compreendem plantas de baixa e média pressão e a vácuo, há controle das emissões de NO e NO_2 (óxido nítrico e dióxido de nitrogênio, genericamente denominados de NO_x), de acordo com os padrões estabelecidos pelos órgãos de controle do meio ambiente.

A partir do final de 2006 começaram a ser desenvolvidas no Brasil atividades de projeto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que envolviam a instalação de catalisadores secundários para destruição de N_2O. Após julho de 2007, com a implementação de um projeto MDL em uma planta de média pressão, o fator de emissão medido dessa planta foi reduzido de 6,01 kg N_2O/t HNO_3 para 0,52 kg N_2O/t HNO_3.

As emissões de N_2O foram estimadas com diferentes métodos, dependendo da planta. Para aquelas plantas que realizaram atividades de projeto MDL, foi possível a aplicação do método mais acurado (*Tier* 3), com medições diretas de emissões, que resultam em fatores de emissões específicos para cada planta. Para as demais, foi utilizado o método simplificado, com aplicação de fatores de emissão *default* do *Guidelines* 2006.

Por sua vez, para as emissões de NO_x, foi aplicado o fator de emissão específico do país, 1,75 kg NO_x/t ácido nítrico, conforme a Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM), em função do controle de emissões desses gases no país.

A produção de ácido nítrico está apresentada na Tabela 3.33 e as emissões de N_2O e NO_x correspondentes, na Tabela 3.34.

3.2.2.3. Produção de ácido adípico

O ácido adípico é um sólido cristalino branco, utilizado como intermediário na fabricação de fibras sintéticas, plásticos, poliuretanos, elastômeros e lubrificantes sintéticos. Comercialmente é o mais importante ácido alifático dicarboxílico, usado na fabricação de poliéster e nylon 6.6.

A única planta de ácido adípico, no Brasil, utiliza a tecnologia de produção de dois estágios. O primeiro envolve a oxidação do cicloexano para formar a mistura cicloexanona/cicloexanol. O segundo estágio envolve o processo de oxidação do cicloexanol por meio de ácido nítrico. Neste último estágio, é emitido o N_2O. A produção de ácido adípico também resulta em emissões de CO e NO_x.

No final de 2005 foi registrado no Conselho Executivo do MDL o projeto de destruição de N_2O dessa fábrica, com destruição efetiva de N_2O a partir de 2007. Foi construída uma instalação dedicada à conversão, em alta temperatura, de óxido nitroso em nitrogênio, no processo de decomposição térmica do N_2O.

O fator de emissão de N_2O medido corresponde a 0,270 t N_2O/t ácido adípico, aplicado ao período 1990-2006. Após a implementação do projeto MDL houve uma redução significativa nas emissões, e o fator de emissão implícito, também obtido por medições, variou de 0,00640 t N_2O/t ácido adípico a 0,00155 t N_2O/t ácido adípico.

Em relação aos gases de efeito estufa indireto, foram estimados com fatores de emissão nacionais, em função do controle de emissões desses gases no país. As emissões de monóxido de carbono (CO) foram estimadas com o fator de 16 kg CO/t ácido adípico, abaixo do *default* do *Guidelines* 1996, 34,4 kg CO/t ácido adípico. Por sua vez, para as emissões de NO_x, foi aplicado o fator de emissão 5 kg NO_x/t ácido adípico, valor abaixo do *default* de 8,1 kg NO_x/t ácido adípico do *Guidelines* 1996.

A produção de ácido adípico está apresentada na Tabela 3.33 e as emissões de N_2O, CO e NO_x correspondentes, na Tabela 3.34.

3.2.2.4. Produção de caprolactama

O uso industrial primário da caprolactama é como monômero na produção de nylon-6. Esse produto químico também é usado na fabricação de plásticos, cerdas, filmes, coberturas, carpetes, couro sintético, plastificantes e tintas automotivas. Uma de suas características é ser biodegradável e atinge uma remoção de até 94% da demanda química de oxigênio em sistemas de lodos ativados.

A produção brasileira de caprolactama, parte da hidrogenação do benzeno a cicloexano, oxidação a cicloexanol e cicloexanona com ácido nítrico, etapa em que é gerado o N_2O, seguida pela desidrogenação do cicloexanol produzido e posterior reação com sulfato.

As emissões de N_2O foram baseadas em medições das plantas, adotando-se o valor médio resultante de 6 kg N_2O/t caprolactama.

A produção de caprolactama está apresentada na Tabela 3.33 e as emissões de N_2O correspondentes, na Tabela 3.34.

3.2.2.5. Produção e uso de carbureto de cálcio

O carbureto de cálcio (CaC_2) é produzido a partir da calcinação do calcário e da subsequente redução da cal com coque de petróleo ou carvão vegetal. Esses dois tipos de agentes redutores são utilizados no Brasil. As emissões relativas à produção de cal estão relatadas no item específico da cal. Da reação de produção do carbureto de cálcio, apenas são consideradas as emissões relativas ao uso do coque de petróleo, de origem fóssil.

Em torno de 67% do carbono contido no coque de petróleo, fica retido no produto final (CaC_2). O uso posterior do carbureto de cálcio, tanto na siderurgia quanto na produção de acetileno, acaba resultando em mais emissões de CO_2.

As emissões de CO_2 associadas à produção do CaC_2 foram estimadas a partir dos dados de consumo de coque de petróleo, utilizando-se o fator de emissão *default* de 1,7 t CO_2/t coque consumido. Para o consumo, foi usado o fator de emissão 1,10 t CO_2/t CaC_2 consumido, desconsiderando-se as emissões que ocorrem após a exportação do produto, cerca de 15% da produção nacional.

Os dados da produção de carbureto de cálcio estão protegidos por sigilo industrial. Entretanto, as emissões correspondentes estão apresentadas na Tabela 3.34.

TABELA 3.33
Produção de amônia, ácido nítrico, ácido adípico e caprolactama

PRODUTO QUÍMICO	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	(t)					(%)
Amônia	1.152.563	1.222.348	1.139.109	1.316.154	1.191.042	-9,5%
Ácido Nítrico	295.824	332.842	336.025	363.422	360.083	-0,9%
Ácido Adípico	31.951	55.864	64.862	75.147	86.286	14,8%
Caprolactama	42.059	52.608	56.005	49.655	-	-100,0%

Fonte: ABIQUIM.

TABELA 3.34

Emissões de gases de efeito estufa da produção de amônia, carbureto de cálcio, ácido nítrico, ácido adípico e caprolactama

GÁS	PRODUTO QUÍMICO	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
		(Gg)					(%)
CO_2	Amônia	1.683	1.785	1.663	1.922	1.739	-9,5%
	Carbureto de Cálcio	0	4	51	35	42	20,0%
N_2O	Ácido Nítrico	1,81	2,05	2,09	2,24	0,80	-64,3%
	Ácido Adípico	8,63	15,08	17,51	20,29	0,13	-99,4%
	Caprolactama	0,25	0,32	0,34	0,30	0,00	-100,0%
CO	Ácido Adípico	0,5	0,9	1,0	1,2	1,4	16,7%
NO_x	Ácido Nítrico	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,0%
	Ácido Adípico	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,0%

3.2.2.6. Produção de petroquímicos e de negro-de-fumo

A indústria petroquímica utiliza como matérias-primas combustíveis fósseis como gás natural ou produtos de refinaria como nafta. O mesmo ocorre no processo produtivo do negro-de-fumo, apesar de este não ser considerado como um produto petroquímico.

Metanol

O principal uso do metanol é na produção do formaldeído aplicado na produção de resinas para uso na indústria de móveis e compensados. Também é usado na produção de biodiesel, embora, nesta aplicação, o metanol seja reciclável.

As tecnologias de produção de metanol precisam de hidrogênio, CO e CO_2. No Brasil, o processo utilizado é a síntese em baixas e altas pressões, cujas matérias-primas são o CH_4 e o CO_2.

O gás natural, alimentado no reator de síntese, utiliza a reforma primária como processo para a geração de hidrogênio e CO. A matéria-prima CO_2 é obtida reciclando parcialmente o gás produzido na etapa de conversão do CO. Alternativamente, o CO_2 pode ser obtido como subproduto de outro processo produtivo, como a produção de amônia, por exemplo.

Os principais gases de efeito estufa emitidos são: CO_2 e CH_4, com emissões estimadas com fatores *default* de 0,267 t CO_2/t metanol, e de 2,3 kg CH_4/t metanol.

Eteno

O eteno é o hidrocarboneto primário produzido em maior quantidade no país e um dos principais produtos da cadeia de valor da indústria petroquímica. É utilizado no processo de produção de plásticos incluindo os polietilenos

de alta e baixa densidade, cloreto de polivinila, sendo também usado como matéria-prima para fabricação de cloreto de vinila, óxido de eteno, etilbenzeno e dicloroeteno.

Universalmente, o eteno é produzido por meio do craqueamento de matérias-primas petroquímicas. A produção de etileno também gera, como substâncias secundárias, propileno, butadieno e compostos aromáticos. A rota tecnológica utilizada no Brasil é o tradicional processo de craqueamento de nafta. Entretanto, em 2004 foi introduzido, pela primeira vez, o gás natural como matéria-prima do processo de pirólise.

Os principais gases emitidos são CO_2 e CH_4, além do NMVOC. Até 2005, as emissões de CO_2 foram estimadas com o fator de emissão *default* de 1,73 kg CO_2/t eteno, corrigido com o fator de 1,1 para considerar o *mix* de produção da linha do processo de craqueamento a vapor, que inclui, além do eteno, propileno, butadieno, aromáticos e outros produtos químicos. Para o CH_4, foram também utilizados fatores *default* de 3 kg CH_4/t eteno. A partir de 2006, com a entrada em operação da planta que utiliza gás natural, os fatores passaram a ser calculados com base nas medições específicas das plantas do consumo de matérias-primas fósseis. Para o dióxido de carbono, os FEs de 2006 em diante passaram a ser 1,74 kg CO_2/t eteno, enquanto para o metano foram de 3,54 kg de CH_4/t de eteno entre 2006 e 2009 e de 3,25 kg de CH_4/t de eteno a partir de 2010.

Para gases de efeito estufa indireto, foi usado o fator de emissão *default* do *Guidelines* 1996, de 1,4 kg NMVOC/t eteno.

Dicloroetano e cloreto de vinila (MVC)

O dicloroetano (1,2 dicloroetano) foi um dos primeiros hidrocarbonetos clorados, sintetizado em 1795, apresentando-se como um líquido oleoso de cor clara com odor adocicado de clorofórmio. É utilizado como intermediário na produção de cloreto de vinila (MVC), solventes, hidrocarbonetos policlorados, etilenoglicol e outros. Também é empregado como solvente para graxas, óleos e gorduras, limpeza industrial, aditivo para combustíveis e em formulações de solventes. É também bastante difundido na extração de produtos naturais como esteróides, vitamina A, cafeína e nicotina. O MVC é aplicado como intermediário na produção do cloreto de polivinila, amplamente usada na fabricação de materiais e fios elétricos, material de construção civil, tubos, conexões e embalagens.

A produção de MVC e dicloroetano no Brasil utiliza a rota tecnológica de cloração direta e oxicloração do eteno, sendo usado o cloreto de hidrogênio gerado no craqueamento do dicloroetano. A planta de produção de MVC e dicloroetano pode operar como "processo balanceado" entre os dois produtos. Como o processo não atinge 100% de conversão do eteno, uma pequena porcentagem da matéria-prima não é convertida. Assim, os gases exaustos são tratados para eliminar os compostos clorados formados em reações secundárias. O eteno não reagido é convertido em CO_2 e os compostos clorados sofrem um processo de redução catalítica. Assim, os gases limpos são enviados para a atmosfera atendendo as exigências do órgão de controle ambiental.

Os principais gases de efeito estufa são o CO_2 e o CH_4, além do NMVOC, com emissões estimadas com fatores *default* de 0,294 t CO_2/t cloreto de vinila, de 0,0226 kg CH_4/t cloreto de vinila e de 8,5 kg NMVOC/t cloreto de vinila e de 2,2 kg NMVOC/t dicloroetano, conforme o *Guidelines* 1996. Os cálculos valem para a produção integrada dos dois produtos químicos.

Óxido de eteno

O principal uso de óxido de eteno, ou etileno, no mundo é na produção de etilenoglicol, comumente conhecido por seu uso como um refrigerante automotivo e anticongelante. Esse produto químico também é utilizado na produção de polímeros de poliéster, como intermediário na produção de éteres, álcoois superiores e aminas. Por sua vez, no Brasil, o principal uso é na produção de glicóis. Adicionalmente, o óxido de eteno é largamente aplicado na esterilização de suprimentos médicos tais como ataduras, suturas e instrumentos cirúrgicos.

Pode ser produzido por duas rotas tecnológicas. A primeira inicia com a reação do cloro sobre o eteno na presença de água, seguida da desidrocloração da cloridrina de eteno formada. A segunda utiliza oxidação direta do eteno por meio do ar. Esta última é o processo adotado na produção do óxido de eteno no Brasil.

Os principais gases emitidos são CO_2 e CH_4. As emissões de CO_2 foram estimadas pelo balanço de massa do carbono total das matérias-primas utilizadas, resultando no fator de 0,52 t CO_2/t óxido de eteno; para o CH_4 usou-se o fator *default* de 1,79 kg CH_4/t óxido de eteno.

Acrilonitrila

A acrilonitrila é utilizada na manufatura de fibras acrílicas, sínteses orgânicas, fumigantes, surfactantes e corantes. Os compostos mais conhecidos que a utilizam são as borrachas de NBR, as resinas ABS e a mistura ABS/PA. Os principais gases emitidos em sua produção no Brasil são o CO_2 e CH_4, além de NMVOC. As emissões de CO_2 foram estimadas pelo balanço de massa do carbono total das matérias-primas utilizadas, resultando no fator de 0,2325t CO_2/t acrilonitrila; para os demais, foram utilizados os fatores *default* de 0,18kg CH_4/t acrilonitrila e 1kg NMVOC/t acrilonitrila.

Coque de petróleo calcinado

A partir do coque de petróleo produzido na refinaria, o chamado "coque verde de petróleo", esse produto pode passar por outro processo, em uma indústria química, para uma purificação destinada a aumentar-lhe o conteúdo de carbono, originando o chamado coque de petróleo calcinado.

O coque verde de petróleo é um produto sólido, obtido pelo craqueamento de óleos residuais pesados em unidades de conversão de resíduos denominadas Unidades de Coqueamento Retardado (UCR). Nesses locais é feita a destruição de resíduos da destilação de petróleo, principalmente resíduo de vácuo, com o objetivo de obtenção de derivados claros. O coque calcinado de petróleo é produzido em um processo térmico, que permite reduzir drasticamente o teor de matéria volátil presente no coque verde de petróleo. O coque calcinado de petróleo é empregado em misturas com piche na produção de ânodos para a indústria de alumínio, de eletrodos de grafite e na indústria de óxido de titânio.

As emissões referentes à utilização e/ou consumo tanto do coque verde como do coque calcinado, sejam produzidos nacionalmente, sejam importados, são estimadas em outros setores do inventário (produção de metais, queima de combustíveis fósseis). No setor industrial químico, consideram-se as emissões de metano (CH_4), principal gás emitido proveniente da calcinação do coque, calculado por meio de fator *default* de 0,5kg CH_4/t coque produzido.

Negro-de-fumo

O principal uso do negro-de-fumo é como aditivo na borracha para a fabricação de pneumáticos. Outro uso importante é como pigmento na fabricação de tintas. No Brasil, o negro-de-fumo usa como principal matéria-prima o resíduo aromático, associado com óleo combustível pesado (nafténico), e gás natural ou óleo combustível, como matéria-prima secundária.

Os principais gases emitidos são o CO_2 e CH_4. As emissões de CO_2 foram estimadas pelo balanço de massa do carbono total das matérias-primas utilizadas. O fator de emissão calculado até 2003 é de 1,989t CO_2/t negro-de-fumo. De 2004 em diante, devido à entrada em operação de uma planta com emissões menores, o fator de emissão foi recalculado para 1,618t de CO_2/t negro-de-fumo. Nas emissões de CH_4, foi utilizado o método *Tier* 1, com o fator de emissão *default* de 0,06kg CH_4/t negro-de-fumo. Para os gases de efeito estufa indireto, mantiveram-se as estimativas do Inventário Inicial, quando apenas foram consideradas emissões de NO_x, com o fator de emissão de 0,14kg NO_x/t negro-de-fumo, determinado no Segundo Inventário pelos autores e pela Abiquim.

Os dados da produção de petroquímicos e negro-de-fumo estão apresentados na Tabela 3.35 e as emissões correspondentes na Tabela 3.37.

TABELA 3.35
Produção de petroquímicos e negro-de-fumo

PRODUTO QUÍMICO	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	(t)					(%)
Metanol	168.557	205.134	211.584	240.360	205.999	-14,3%
Eteno	1.499.714	1.881.078	2.633.818	2.699.831	3.276.627	21,4%
Cloreto de Vinila	480.415	388.905	424.732	609.207	724.927	19,0%
Óxido de Eteno	127.221	161.326	256.035	297.183	280.953	-5,5%
Acrinolitrila	78.000	79.825	87.361	76.780	94.501	23,1%
Coque de Petróleo Calcinado	226.204	318.073	265.707	300.829	485.058	61,2%
Negro-de-fumo	178.395	200.554	229.860	280.140	400.060	42,8%

3.2.2.7. Ácido fosfórico

O ácido fosfórico é utilizado principalmente para a produção de fertilizantes fosfatados, sendo os mais representativos o fosfato monoamônico, o fosfato diamônico, o superfostafo simples e o superfosfato triplo.

As matérias-primas utilizadas para a produção de ácido fosfórico são o ácido sulfúrico e a rocha fosfática. Esta última contém, em menor ou maior concentração, carbono inorgânico na forma de carbonato de cálcio ($CaCO_3$), que é parte integrante do mineral. O carbonato contido na rocha reage com o ácido sulfúrico, produzindo como subprodutos gesso agrícola e CO_2.

As emissões de CO_2 foram estimadas com base na quantidade de carbono no concentrado fosfático, estimada em 0,6%. O uso de concentrado fosfático está mostrado na Tabela 3.36 e as emissões de CO_2 correspondentes na Tabela 3.37.

TABELA 3.36
Quantidade de rocha fosfática consumida na produção primária de ácido fosfórico

PRODUTO QUÍMICO	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(t)					(%)
Concentrado fosfático	2.817.000	3.888.000	4.725.106	5.631.000	5.071.682	-9,9%

TABELA 3.37
Emissões de gases de efeito estufa de petroquímicos, negro-de-fumo e ácido fosfórico

GÁS	PRODUTO QUÍMICO	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
		(Gg)					(%)
CO_2	Metanol	45	55	56	64	56	-12,5%
	Eteno	3	4	5	5	6	20,0%
	Cloreto de Vinila	141	114	125	179	213	19,0%
	Óxido de Eteno	66	84	133	155	146	-5,8%
	Acrinolitrila	18	19	20	18	22	22,2%
	Negro-de-fumo	355	399	457	453	647	42,8%
	Ácido Fosfórico	62	86	104	124	112	-9,7%
CH_4	Metanol	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	-16,7%
	Eteno	4,5	5,6	7,9	8,1	10,6	30,9%
	Cloreto de Vinila	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NA
	Óxido de Eteno	0,2	0,3	0,5	0,5	0,5	0,0%
	Acrinolitrila	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NA
	Coque de Petróleo Calcinado	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,0%
	Negro-de-fumo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NA
NO_x	Negro-de-fumo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	NA
NMVOC	Eteno	2,1	2,6	3,7	3,8	4,6	21,1%
	Cloreto de Vinila	4,1	3,3	3,6	3,9	6,2	59,0%
	Acrinolitrila	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%

3.2.2.8. Produção de outros produtos químicos

Para os produtos químicos desta seção, com produção apresentada na Tabela 3.38, foram calculadas as emissões de gases de efeito estufa indireto com fatores de emissão *default*, listados na Tabela 3.39. Em geral, são fatores

default do *Guidelines* 1996, mas alguns foram derivados de tecnologias sugeridas pelo *Core Inventory Air Emissions* (CORINAIR) (anidrido ftálico, PVC e poliestireno) ou determinados pelos autores e pela ABIQUIM (borracha de butadieno estireno).

TABELA 3.38
Dados de atividade de outros produtos químicos

PRODUTO QUÍMICO	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(t)					(%)
ABS	27.000	33.000	33.000	33.000	33.000	0,0%
Anidrido ftálico	65.645	74.778	87.595	84.579	94.368	11,6%
Borracha de butadieno estireno (SBR)	184.692	221.191	236.627	212.205	231.435	9,1%
Dicloroetano	538.183	494.361	541.335	581.366	578.200	-0,5%
Estireno	306.217	272.858	406.225	405.205	440.016	8,6%
Etilbenzeno	441.007	407.453	436.577	395.024	430.384	9,0%
Formaldeído	177.391	276.426	357.262	508.680	490.614	-3,6%
Policloreto de vinila PVC (Cloreto de Polivinila)	504.330	581.332	648.199	640.319	724.927	13,2%
Poliestireno	134.332	168.615	175.575	317.434	390.234	22,9%
Polietileno PEAD	322.219	494.547	891.050	812.160	1.092.409	34,5%
Polietileno PEBD	626.028	594.985	646.832	681.686	916.913	34,5%
Polietileno PELBD*	0	149.753	333.756	442.274	594.888	34,5%
Polipropileno	303.841	558.252	847.639	1.212.200	1.586.213	30,9%
Propeno	793.544	1.076.832	1.409.375	1.731.428	2.191.597	26,6%

** A produção do polietileno PELBD começou em 1993 no Brasil.*

TABELA 3.39
Fatores de emissão de NMVOC para outros produtos químicos

PRODUTO QUÍMICO	FATOR DE EMISSÃO (kg NMVOC / t PROD)
ABS	27,2
Anidrido ftálico	1,3
Borracha de butadieno estireno (SBR)	5,8
Dicloroetano	2,2
Estireno	18

continua na próxima página

PRODUTO QUÍMICO	FATOR DE EMISSÃO (kg NMVOC / t PROD)
Etilbenzeno	2
Formaldeído	5
Policloreto de vinila PVC (Cloreto de Polivinila)	1,5
Poliestireno	3,3
Polietileno PEAD	6,4
Polietileno PEBD	3
Polietileno PELBD	2
Polipropileno	12
Propeno	1,4

As emissões de NMVOC correspondentes são apresentadas na Tabela 3.40.

TABELA 3.40
Emissão de NMVOC pela produção de outros produtos químicos

PRODUTO QUÍMICO	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(t NMVOC)					(%)
ABS	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,0%
Anidrido ftálico	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	11,6%
Borracha de butadieno estireno (SBR)	1,1	1,3	1,4	1,2	1,3	9,1%
Dicloroetano	1,2	1,1	1,2	1,3	1,3	-0,5%
Estireno	5,5	4,9	7,3	7,3	7,9	8,6%
Etilbenzeno	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	9,0%
Formaldeído	0,9	1,4	1,8	2,5	2,5	-3,6%
Policloreto de vinila PVC (Cloreto de Polivinila)	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	13,2%
Poliestireno	0,4	0,6	0,6	1,0	1,3	22,9%
Polietileno PEAD	2,1	3,2	5,7	5,2	7,0	34,5%
Polietileno PEBD	1,9	1,8	1,9	2,0	2,8	34,5%
Polietileno PELBD*	0,0	0,3	0,7	0,9	1,2	34,5%
Polipropileno	3,6	6,7	10,2	14,5	19,0	30,9%
Propeno	1,1	1,5	2,0	2,4	3,1	26,6%
Total	**20,3**	**25,4**	**35,6**	**41,3**	**50,3**	**21,8%**

** A produção deste polietileno começou em 1993 no Brasil.*

3.2.3. Produção de Metais

3.2.3.1. Produção de ferro-gusa e aço

Em 2010, a produção brasileira de ferro-gusa foi de 30,8 Mt, apresentando um crescimento de 23%, em relação ao ano anterior. A produção das usinas integradas foi 25,8 Mt, enquanto os produtores independentes (gusa de mercado) produziram de 5,06 Mt. Dessa forma, os produtores independentes representaram apenas 16,4% da produção total. O aço produzido no mesmo ano alcançou 32,9 milhões de toneladas, a maior produção da América Latina e 2,2% da produção mundial, que foi de 1.498,9 milhões de toneladas (BRASIL, 2011).

Até 75% das emissões de CO_2 oriundas da fabricação de aço ocorrem durante a produção de ferro-gusa no alto-forno, ou seja, na etapa de redução do minério de ferro. O percentual restante resulta do transporte de matérias-primas, da geração de energia elétrica e calor. As emissões apresentadas nesse setor contemplam somente o processo de produção, excluindo a geração de energia elétrica e transporte.

No Brasil, a produção de ferro-gusa e aço por usinas integradas/semi-integradas utiliza coque de petróleo, carvão vapor de poder calorífico maior ou igual a 5.900 kcal/kg, carvão metalúrgico e coque de carvão mineral como principais combustíveis redutores. Por sua vez, a produção de ferro-gusa por usinas independentes utiliza carvão vegetal. A produção das usinas está resumida na Tabela 3.41.

TABELA 3.41
Produção de ferro-gusa e aço das usinas integradas e semi-integradas

PRODUÇÃO	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(10^3 t)					(%)
Aço	20.814	24.975	28.658	31.650	32.948	4,1%
Ferro-gusa (usinas independentes)	5.121	4.919	5.916	9.774	5.061	-48,2%

As emissões de CO_2 foram estimadas a partir do consumo dos combustíveis usados como aquecimento direto, informados pelo BEN e pelo BEU informados na Tabela 3.42, com o objetivo de evitar dupla contagem com o setor energia. Para o cálculo do CO_2, foi descontado o carbono contido no aço. Também foram estimadas as emissões de outros gases de efeito estufa diretos e indiretos. O resultado está resumido na Tabela 3.47.

TABELA 3.42
Consumo dos combustíveis usados para a produção de ferro-gusa e aço das usinas integradas e semi-integradas

COMBUSTÍVEL	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/ 2010
Coque de Petróleo (10^3 m^3)	0	16	277	487	45	-90,8%
Carvão Vapor (10^3 t)	0	0	0	0	3.104	NA
Carvão Metalúrgico (10^3 t)	0	363	2.227	3.208	0	-100,0%
Coque de Carvão Mineral (10^3 t)	7.157	9.576	9.298	8.792	10.367	17,9%
Carvão vegetal (10^3 t)	6.760	5.517	5.668	7.436	5.220	-29,8%

3.2.3.2. Produção de ferroligas

Ferroligas é um termo usado para descrever ligas concentradas de ferro e um ou mais metais, tais como silício, manganês, cromo, molibdênio, vanádio e tungstênio. Tais ligas são usadas para desoxidar e alterar as propriedades físicas do aço. As fábricas de ferroligas produzem compostos concentrados que são despachados para as aciarias para serem incorporados às diversas ligas de aço. A produção de ferroligas envolve o processo metalúrgico de redução, que resulta em emissões de CO_2.

Na produção de ferroligas, o minério é derretido junto com coque e escória sob alta temperatura. Durante a fusão das ferroligas, a reação de redução ocorre em alta temperatura. O carbono captura o oxigênio dos óxidos metálicos para formar CO_2, enquanto os minerais são reduzidos a metais básicos derretidos. Consequentemente, os metais presentes combinam-se na solução.

No Brasil, a produção de ferroligas utiliza carvão vegetal predominantemente. Outros combustíveis (coque de petróleo, carvão metalúrgico e coque de carvão mineral) tiveram sua utilização aumentada a partir de 1998. A metodologia para o cálculo das emissões de CO_2 e dos gases não-CO_2 foi a mesma usada para ferro-gusa e aço. No caso de ferroligas, 100% do consumo de combustíveis apresentados no BEN são considerados como aplicação em aquecimento direto pelo BEU. Além disso, por falta de mais informações e conforme recomendado no *Good Practice Guidance* 2000 (IPCC, 2000), o carbono contido nas ferroligas não foi considerado.

Os dados de produção nacional estão dispostos na Tabela 3.43 e o consumo de combustíveis informado na Tabela 3.44. As emissões são resumidas na Tabela 3.47.

TABELA 3.43

Produção brasileira de ferroligas

	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(t)					(%)
Ferroligas	807.663	756.625	736.672	1.171.583	924.749	-21,1%

Fonte: Anuário Estatístico da Indústria Metalúrgica Brasileira – MME.

TABELA 3.44

Consumo de combustível usado para produção de ferroligas

COMBUSTÍVEL	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010 (%)
Coque de Petróleo (10^3 m^3)	0	0	102	140	192	37,7%
Carvão Metalúrgico (10^3 t)	0	19	49	0	0	NA
Coque de Carvão Mineral (10^3 t)	37	51	8	134	156	16,6%
Carvão vegetal (10^3 t)	560	590	666	883	880	-0,3%

3.2.3.3. Produção de alumínio

O alumínio primário é obtido por meio da mineração de bauxita, mineral encontrado na crosta terrestre. Em 2012, as reservas mundiais de bauxita somaram 28 bilhões de toneladas e o Brasil detém 9,3% desse total, sendo cerca de 95% de bauxita tipo metalúrgico e 5% do tipo refratário. As reservas brasileiras mais expressivas (95%) estão localizadas na região Norte (estado do Pará) e têm como principais concessionárias as empresas Alcoa Alumínio S.A., Norsk Hydro Brasil Ltda, Mineração rio do Norte S.A. e Votorantim Metais – Companhia Brasileira de Alumínio. O alumínio primário é produzido por meio de um processo de redução eletrolítica. A reação ocorre num recipiente de carbono que age como cátodo e que contém a solução eletrolítica. O ânodo de carbono é parcialmente submerso na solução e consumido ao longo do processo.

A eletrólise do óxido de alumínio produz alumínio fundido, que se deposita no cátodo, e oxigênio, que se deposita no ânodo e reage com o carbono, produzindo emissões de CO_2. Alguma quantidade de CO_2 é também produzida quando o ânodo reage com outras fontes de oxigênio (como o ar). Outros gases emitidos na fabricação do alumínio primário são os perfluorcarbonos ou PFCs, gases de efeito estufa que têm uma vida atmosférica muito longa. Os PFCs emitidos pela indústria de alumínio ocorrem ocasionalmente durante o processo de redução eletrolítica, em eventos chamados de efeitos anódicos. Esses efeitos são indesejados por também implicarem perda de eficiência no processo e aumento de consumo de energia. Tradicionalmente a indústria mede a sua ocorrência em termos de frequência e duração. A quantidade de PFCs emitidos por uma planta de redução de alumínio é razão direta da frequência e da duração dos efeitos anódicos.

O processo de produção de alumínio primário pode utilizar dois tipos principais de tecnologia, *Soderberg* e *Prebaked Anode*. A distinção entre essas tecnologias está relacionada ao tipo de ânodo utilizado. A produção brasileira de alumínio por tipo de tecnologia está na Tabela 3.45.

TABELA 3.45
Produção de alumínio primário por tipo de tecnologia

TECNOLOGIA	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/ 2010
	(t ALUMÍNIO)					(%)
Soderberg	369.803	390.171	438.744	573.261	649.383	13,3%
Prebaked Anode	551.070	798.289	830.840	924.494	884.320	-4,3%
Total	**920.873**	**1.188.460**	**1.269.584**	**1.497.755**	**1.533.703**	**2,4%**

Fonte: Empresas produtoras.

Durante a elaboração do Segundo Inventário Nacional, houve um esforço grande das empresas em relatar suas emissões de forma mais acurada possível, com evolução em relação ao Inventário Inicial. Cada planta utilizou a melhor abordagem (*Tier*) possível para o cálculo das emissões de seus processos de acordo com a Tabela 3.46. Por falta de informações específicas de cada planta, a partir de 2008, foram usados fatores de emissão implícitos de 2007.

TABELA 3.46

Abordagens aplicadas nas estimativas de emissões de CO_2 e PFCs por planta para o período 1990-2007

ROTA TECNOLÓGICA		PLANTA	CO_2	PFCS
TIPO	SUBDIVISÃO			
Soderberg	VSS e HSS	Novelis (BA)	*Tier 2*	*Tier 2*
	HSS	Novelis (MG)	*Tier 2*	*Tier 2*
	VSS	Alcoa (MG)	*Tier 2*	*Tier 3*
	VSS	CBA (SP)	*Tier 3*	*Tier 3*
Prebaked Anode	CWPB	Albras (PA)	*Tier 1*	*Tier 1* (1990-1996)
				Tier 3 (1997-2007)
	CWPB	Alumar (MA)	*Tier 3*	*Tier 2*
	CWPB	Valesul (RJ)	*Tier 2*	*Tier 1*

As emissões de GEE relacionadas ao uso de combustíveis na produção de alumínio estão relacionadas na Tabela 3.47 e as emissões de CF_4 e C_2F_6 na Tabela 3.48.

3.2.3.4. Produção de magnésio

O SF_6 é usado como gás de cobertura para evitar a oxidação do magnésio fundido durante a produção e a fundição de produtos de magnésio metálico, e normalmente escapa para a atmosfera. O SF_6 é considerado um gás não reativo e adapta-se idealmente a esse tipo de proteção, como "cobertura" para o magnésio fundido (daí o termo "gás de cobertura"). O consumo do gás é usado, portanto, como estimativa das emissões. A Tabela 3.48 apresenta as emissões de SF_6 neste subsetor.

3.2.3.5. Resumo das estimativas das emissões de Gases de Efeito Estufa diretos e indiretos pela produção de metais

TABELA 3.47
Emissões de GEE diretos e indiretos da produção de metais

GÁS	TIPO DE COMBUSTÍVEL	PRODUÇÃO	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
			Gg					%
CO_2	Combustíveis fósseis	Ferro-gusa e aço	21.601	30.130	35.552	37.509	38.360	2,3
		Ferroligas	116	215	545	932	1.195	28,2
		Alumínio	1.574	1.965	2.116	2.472	2.543	2,9
		Outros não ferrosos	897	1.762	1.606	1.855	4.332	133,6
		Total fóssil	**24.188**	**34.073**	**39.818**	**42.768**	**46.430**	**8,6**
	*Biomassa**	*Ferro-gusa e aço*	*18.758*	*15.200*	*15.490*	*20.026*	*14.321*	*-28,5*
		Ferroligas	*1.616*	*1.703*	*1.922*	*2.547*	*2.539*	*-0,3*
		Alumínio	-	-	-	-	-	*NA*
		Outros não ferrosos	*1.137*	*652*	*26*	*35*	*42*	*17,7*
		Total biomassa*	***21.511***	***17.555***	***17.437***	***22.609***	***16.902***	***-25,2***
CH_4	Todos	Ferro-gusa e aço	36,8	30,1	31,0	40,6	28,6	-29,5
		Ferroligas	3,0	3,2	3,6	4,8	4,8	-0,3
		Não ferrosos	2,1	1,3	0,1	0,1	0,1	11,8
		Total	**42,0**	**34,6**	**34,7**	**45,5**	**33,5**	**-26,4**
N_2O		Ferro-gusa e aço	1,02	1,00	1,09	1,31	1,08	-17,8
		Ferroligas	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	1,7
		Não ferrosos	0,06	0,05	0,03	0,03	0,03	-11,3
		Total	**1,14**	**1,11**	**1,19**	**1,44**	**1,21**	**-16,2**
CO		Ferro-gusa e aço	775,0	656,2	676,1	867,3	633,2	-27,0
		Ferroligas	60,8	64,2	72,5	96,7	96,7	0,0
		Não ferrosos	44,4	27,6	3,7	4,6	4,9	6,4
		Total	**880,2**	**747,9**	**752,3**	**968,7**	**734,8**	**-24,1**
NO_x		Ferro-gusa e aço	25,5	30,8	66,4	90,8	60,1	-33,7
		Ferroligas	1,6	2,0	4,6	5,2	6,2	19,7
		Não ferrosos	8,9	11,7	13,0	14,1	13,8	-2,5
		Total	**36,0**	**44,5**	**84,0**	**110,1**	**80,1**	**-27,2**
NMVOC		Ferro-gusa e aço	21,6	19,6	21,1	26,3	20,2	-22,9
		Ferroligas	1,5	1,6	1,9	2,5	2,5	0,5
		Não ferrosos	1,2	0,8	0,3	0,3	0,3	-18,6
		Total	**24,3**	**22,0**	**23,2**	**29,1**	**23,0**	**-20,9**

** Apenas para informação. Essas emissões estão incluídas no Relatório de Referência "Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas".*

TABELA 3.48

Emissões do processo de produção de metais não relacionadas ao uso de combustível

PRODUÇÃO	GÁS	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
		(Gg)					(%)
Alumínio	CF_4	0,3022	0,3060	0,1465	0,1239	0,0767	-38,1%
	C_2F_6	0,0263	0,0264	0,0117	0,0104	0,0059	-43,3%
Magnésio	SF_6	0,0058	0,0101	0,0103	0,0191	-	-100,0%

3.2.4. Outras Indústrias

3.2.4.1. Indústria de papel e celulose

O setor de Papel e Celulose é composto por 62 empresas e oito entidades estaduais de produtos originários do cultivo de árvores plantadas. Essa indústria conta com 2,4 milhões de hectares de florestamentos próprios, principalmente os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, para a produção de papel e celulose.

A preparação da pasta celulósica para papéis e outras finalidades consiste na separação das fibras de celulose da lignina – substância que une essas fibras aos demais componentes da madeira, que confere rigidez à madeira. Alguns tipos de madeira, tais como pinho e araucária, possuem fibras longas (3 a 5 mm), enquanto as de eucalipto possuem fibras mais curtas e finas (0,8 a 1,2 mm). As do primeiro grupo são denominadas coníferas ou *softwood* (madeira macia), enquanto as do segundo grupo são conhecidas por folhosas ou *hardwood* (madeira dura).

Os processos de preparação da pasta celulósica são muitos e variam desde os puramente mecânicos até os químicos, nos quais a madeira é tratada com produtos químicos, pressão e calor (temperaturas maiores que 150ºC) para dissolver a lignina. O uso de produtos químicos no processo é que gera emissões de gases de efeito estufa.

A produção de papel e pasta de celulose possui três fases principais: a polpação, o branqueamento e a produção de papel. O tipo de polpação e a quantidade de branqueamento usados dependem da natureza da matéria-prima e a qualidade desejada do produto final. A polpação do tipo *Kraft* é o processo mais largamente utilizado.

No Brasil, o processo mais utilizado é uma variação do *Kraft*, o Sulfato, que utiliza os mesmos produtos químicos, empregando-se, porém, maiores dosagens de sulfeto de sódio e soda cáustica, além do cozimento ser feito por mais tempo e a temperaturas mais elevadas. É considerado como o mais adequado para a obtenção de pastas químicas provenientes de eucalipto. Durante o processo, ocorrem emissões de CO, NO_x e NMVOC.

A Tabela 3.49 apresenta um resumo da produção brasileira de pastas de celulose, evidenciando o processo sulfato, gerador de gases de efeito estufa indireto.

TABELA 3.49
Produção brasileira de pasta de celulose

TIPO DE CELULOSE / PROCESSO QUÍMICO	1990	1994	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	(t)					(%)
Celulose química e semiquímica	3.914.688	5.376.271	6.961.470	9.852.462	13.733.000	39,4%
Sulfato*	3.593.547	5.127.981	6.639.971	9.397.450	13.098.775	39,4%
Outros processos	321.141	248.290	321.499	455.012	634.225	39,4%
Pastas de Alto Rendimento	436.455	452.599	501.796	499.651	431.000	-13,7%
Total	**4.351.143**	**5.828.870**	**7.463.266**	**10.352.113**	**14.164.000**	**36,8%**

Fonte: Ibá – Indústria brasileira de papel.
**Para o processo de sulfato, a mesma participação de 1994 foi considerada para os anos subsequentes.*

Nesse Inventário, os fatores de emissão sugeridos pelo IPCC para o processo *Kraft* foram utilizados para o processo Sulfato, responsável pela maior parte da produção, não estando disponível informação sobre ocorrência de emissões para os outros processos. As emissões de gases de efeito estufa do setor são apresentadas na Tabela 3.50.

TABELA 3.50
Emissão da produção de celulose no Brasil

GÁS	1990	1994	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	(Gg)					(%)
CO	20,1	29,1	37,2	52,6	73,4	39,5%
NO_x	5,4	7,8	10,0	14,1	19,6	39,0%
NMVOC	13,3	19,2	24,6	34,8	48,5	39,4%

3.2.4.2. Alimentos e bebidas

No processamento industrial de alimentos e na produção de bebidas pode ocorrer a emissão de NMVOC. O IPCC apresenta fatores de emissão para alguns subsetores. Na ausência de informação adicional, tais fatores foram adotados neste Inventário. A Tabela 3.51 apresenta a produção brasileira dos alimentos para os quais existem emissões associadas, para o período de 1990 a 2010.

TABELA 3.51

Produção brasileira de alimentos

PRODUTO	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(1.000 t)					(%)
Carnes, peixes e aves	5.837	6.367	7.038	16.556	21.419	29,4%
Açúcar	7.214	12.652	19.388	26.685	32.956	23,5%
Margarinas e gorduras sólidas para cozinha	453	485	602	759	820	8,1%
Bolos, biscoitos e cereais matinais	459	690	729	829	879	6,0%
Pães	2.885	4.341	4.585	5.218	5.532	6,0%
Rações animais	8.258	10.610	12.935	16.225	17.137	5,6%
Café torrado	584	685	890	1.134	1.354	19,4%

Fonte: ABIA; UNICA; SINDIPAN; ABIP; IBGE; ABIC.

Na produção de bebidas alcoólicas, ocorrem emissões de NMVOC durante a fermentação de cereais e frutas. Para a estimativa dessas emissões, foram também utilizados os fatores de emissão *default* do IPCC. A Tabela 3.52 apresenta a produção brasileira de bebidas, para o período de 1990 a 2010.

TABELA 3.52

Produção brasileira de bebidas

PRODUTO	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(1,000 L)					(%)
Vinho	308.954	251.059	319.161	378.272	376.520	-0,5%
Cerveja	3.749.150	8.037.262	9.023.303	9.865.939	12.947.054	31,2%
Destilados	1.125.000	1.139.503	1.237.610	1.073.583	1.280.761	19,3%

Fonte: UVIBRA; ABIA; ABRABE; IBGE.

As emissões do subsetor de alimentos e bebidas estão apresentadas, para o período de 1990 a 2010, na Tabela 3.53.

TABELA 3.53

Emissão de NMVOC da produção de alimentos e bebidas

SETOR	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(Gg NMVOC)					(%)
Indústria de alimentos	110,5	179,7	252,8	338,8	407,2	20,2%
Indústria de bebidas	170,3	173,9	189,1	164,8	196,9	19,5%
Total	**280,8**	**353,6**	**441,9**	**503,6**	**604,1**	**20,0%**

3.2.5. Emissões Relacionadas à Produção de Hidrofluorcarbonos

No Brasil, no período de 1990 a 2010, não houve produção de HFCs e SF_6, com exceção HFC-23 que era um subproduto indesejado da produção de HCFC-22, encerrada em 1999. As emissões de HFC-23 por essa via estão mostradas na Tabela 3.54.

TABELA 3.54
Emissão potencial de HFC-23 devido à produção de HCFC-22

GÁS	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(Gg)					(%)
HFC-23	0,1202	0,1530	-	-	-	NA

3.2.6. Emissões Relacionadas ao Consumo de Hidrofluorcarbonos

Os HFCs foram introduzidos como alternativas às substâncias destruidoras da camada de ozônio (SDO) e são usados, principalmente, no setor de refrigeração e ar-condicionado, mas também ocorrem nos setores de aerossóis, solventes, espumas e em extintores de incêndio e proteção de explosões. Essas substâncias químicas são emitidas instantaneamente ou lentamente por meio de vazamentos que ocorrem ao longo do tempo. As principais aplicações de HFCs são:

- refrigeração e ar-condicionado, incluindo as subcategorias de refrigeração doméstica, refrigeração comercial, transporte refrigerado, refrigeração industrial, ar-condicionado estacionário e ar-condicionado móvel;
- agentes de expansão de espumas;
- aerossóis incluindo inaladores;
- solventes e agentes de limpeza;
- outros usos.

As principais emissões deste setor estão relacionadas ao uso de HFCs para refrigeração e ar-condicionado. O HFC-134a é o fluido refrigerante HFC mais utilizado neste setor. Outros refrigerantes, tais como R-404A, R-410A, R-407C e outros, são misturas bem determinadas de diferentes HFCs e são utilizados na manutenção de equipamentos. Tais misturas começaram a ser utilizadas posteriormente ao HFC-134a, ainda de forma incipiente.

Foram estimadas as emissões reais de HFC-134a por meio da metodologia *Tier* 2a, que considera emissões na montagem, operação e sucateamento. Por sua vez, os demais gases – HFC-32, HFC-125, HFC-143a e HFC-152 – serão contabilizados pelas suas emissões potenciais pela metodologia *Tier* 1b, que leva em consideração a produção nacional (inexistente), a importação e exportação de HFCs, seja direto como fluidos seja dentro de equipamentos importados e exportados.

As cargas de HFC-134a consideradas em produtos no setor de refrigeração e ar-condicionado estão apresentadas na Tabela 3.55 e as emissões são reportadas na Tabela 3.56.

TABELA 3.55

Cargas de HFC-134a consideradas para o setor de refrigeração e ar-condicionado

CARGA DE HFC-134a		1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/ 2010
		(kg)					(%)
Refrigeração doméstica	fabricado no país	0	0	619.950	802.902	1.184.911	47,6%
	parque instalado	129	4.292	1.375.380	4.310.995	9.294.490	115,6%
Refrigeração comercial	fabricado no país	0	0	120.530	166.749	207.088	24,2%
	parque instalado	0	0	682.814	1.195.646	2.042.121	70,8%
Automóveis	fabricado no país	0	0	426.601	867.337	1.344.039	55,0%
	parque instalado	0	0	1.200.611	3.070.895	7.309.553	138,0%
Ônibus	fabricado no país	0	0	34.360	32.110	59.405	85,0%
	parque instalado	0	0	153.115	324.870	577.810	77,9%
Caminhões frigoríficos	fabricado no país	0	0	978	912	1.689	85,2%
	parque instalado	0	0	4.356	9.240	16.434	77,9%
Unidades de resfriamento *(chillers)*	fabricado no país	0	25.490	61.404	53.193	71.400	34,2%
	parque instalado	0	25.490	260.467	525.361	852.016	62,2%
Bebedouros	fabricado no país	0	0	20.202	17.024	19.424	14,1%
	parque instalado	0	0	45.734	127.618	190.343	49,2%
Carga total	**fabricado no país**	**0**	**25.490**	**1.284.026**	**1.940.226**	**2.887.956**	**48,8%**
	parque instalado	**129**	**29.782**	**3.722.478**	**9.564.625**	**20.282.767**	**112,1%**

TABELA 3.56

Emissão real de HFC-134a no setor de refrigeração e ar-condicionado

HFC-134a	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(Gg)					(%)
Emissões na montagem		0,0003	0,0089	0,0129	0,0186	44,4%
Emissões na operação		0,0025	0,4862	1,1971	2,5912	116,5%
Emissões no sucateamento (automóveis e com. leves)		0,0000	0,0037	0,0179	0,0573	220,5%
Emissões reais	**0,0004***	**0,0028**	**0,4988**	**1,2279**	**2,6671**	**117,2%**

**Estimado como metade das importações deste ano.*

Também são reportadas emissões de HFC-134a na fabricação de espumas, em uma única empresa em São Paulo. Essa empresa informou ter consumido cerca de 50 t/ano de 2006 a 2011 na produção de espumas rígidas, célula fechada. As emissões deste uso são reportados na Tabela 3.57.

TABELA 3.57
Emissões de HFC-134a na produção de espumas

ANO	USO NA MONTAGEM	VAZAMENTO NA MONTAGEM	VAZAMENTO ANUAL	VAZAMENTO TOTAL
		10%	4,50%	HFC-134a
	(Gg)			
2006	0,050	0,005	0,0011	**0,0061**
2007	0,050	0,005	0,0034	**0,0084**
2008	0,050	0,005	0,0056	**0,0106**
2009	0,050	0,005	0,0079	**0,0129**
2010	0,050	0,005	0,0101	**0,0151**

Outra fonte de emissões do fluido refrigerante HFC-134a é no uso em aerossóis medicinais Inaladores de Dose Medida (MDIs, do inglês *Metered Dose Inhalers*). Esse uso iniciou somente em 2006 e as emissões são reportadas na Tabela 3.58.

TABELA 3.58
Emissões de HFC-134a no uso de aerossóis

ANO	EMISSÕES DE HFC-134a (Gg)
2006	**0,0123**
2007	**0,0193**
2008	**0,0128**
2009	**0,0169**
2010	**0,0205**

A Tabela 3.59 reúne as emissões de HFC-134a nos setores de refrigeração e ar-condicionado, espumas e aerossóis.

TABELA 3.59
Emissões reais de HFC-134a

EMISSÕES DE HFC-134a	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(Gg)					(%)
Refrigeração e ar condicionado	0,0004	0,0028	0,4988	1,2279	2,6671	117,2%
Espumas	-	-	-	-	0,0151	NA
Aerossóis	-	-	-	-	0,0374	NA
Emissões totais	**0,0004**	**0,0028**	**0,4988**	**1,2279**	**2,7196**	**121,5%**

Para os demais fluidos refrigerantes (HFC-32, HFC-125, HFC-143a e HFC-152a), foram identificadas as importações e as exportações quando pertinentes. A Tabela 3.60 mostra as emissões potenciais de HFCs.

TABELA 3.60
Emissões potenciais de HFCs

GÁS	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(Gg)					(%)
HFC-32	-	-	-	-	0,1059	NA
HFC-125	-	-	0,0071	0,1249	0,5012	301,3%
HFC-143a	-	-	0,0075	0,0929	0,4671	402,8%
HFC-152a	-	-	0,0001	0,1748	-	-100,0%

3.2.7. Emissões Relacionadas ao Consumo de Hexafluoreto de Enxofre

O SF_6, em face de suas excelentes propriedades como isolante inerte, não tóxico, de alta rigidez dielétrica, refrigerante não inflamável, termicamente estável e com poder de autorregeneração, permitiu o desenvolvimento de equipamentos elétricos de alta capacidade e desempenho, além de mais compactos, leves e seguros. Destacam-se, entre os equipamentos elétricos que foram desenvolvidos em função do SF_6, os disjuntores e as subestações blindadas, que utilizam cerca de 10% do espaço físico das subestações convencionais equivalentes.

No Brasil, não há produção de SF_6, mas ocorrem emissões devido a vazamentos de gás em subestações blindadas e isoladas com SF_6.

As emissões reais de SF_6 foram informadas pelos estudos realizados pelo MCTI para o Segundo Inventário, envolvendo o uso em equipamentos de energia elétrica e na produção de magnésio. Na época, o parque instalado de equipamentos utilizando SF_6 foi avaliado até 2008. A extrapolação dessa capacidade até 2010 considerou o crescimento médio no período dos dez anos anteriores, sendo usado um fator de emissão

anual de 2% da capacidade instalada. Para a produção de magnésio, o uso de SF_6 foi reportado no setor de produção de metais.

A Tabela 3.61 a seguir mostra os primeiros resultados em termos de capacidade instalada de SF_6 em equipamentos, e uma estimativa de vazamentos anuais baseada em fator *default*, segundo o *Good Practice Guidance* 2000, no valor de 2% ao ano.

TABELA 3.61

Capacidade instalada de SF_6 em equipamentos e estimativa de vazamentos anuais

DESCRIÇÃO	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005/2010 (%)
Capacidade instalada (t SF_6)	208,85	205,47	248,31	306,32	436,32	42,4%
Emissões de SF_6 (Gg)	0,0042	0,0041	0,0050	0,0061	0,0087	42,6%

3.3. USO DE SOLVENTES E OUTROS PRODUTOS

Esse setor foi totalmente alterado em relação aos inventários anteriores. Da mesma forma que se buscou no subsetor de Ferro e Aço uma compatibilização com o BEN, também o uso de solventes e outros produtos foi retirado da mesma fonte e não mais de fatores de emissão e dados de atividade incertos com base em outros países. Foram contados neste setor as emissões de NMVOC referentes ao uso não energético informado no BEN fora o uso da Indústria Química. Assim, Querosene Iluminante, Álcool Hidratado, Solventes, Outros Não Energéticos de Petróleo foram contabilizados. Adicionalmente, emissões de NMVOC foram contabilizadas pelo uso de asfalto para pavimentação, com base em fator de emissão do IPCC (1997).

O *Guidelines* 1996 indica que, para certo percentual de cada combustível, o carbono contido será estocado em produtos de forma mais ou menos permanente, devendo-se estimar emissões de CO_2 para o restante. Apoiado nessa metodologia, considerou-se como emissões relativas ao uso de lubrificantes que 80% seria estocado, segundo o *Guidelines* 2006 (para considerar 20% emitido nos motores dois tempos, em que o lubrificante é queimado com o combustível). Por sua vez, querosene iluminante, álcool hidratado, solventes e outros não energéticos de petróleo serão 100% emitidos como NMVOC.

Para o cálculo das emissões de CO_2 pelo uso de lubrificantes, foram usados os fatores de 0,891 m^3/tep, 41,868 10^3 tep/TJ e por fim o fator de emissão de 20 t C/TJ. Para o NMVOC, foram considerados os fatores *default* de 790 kg/m^3 de querosene iluminante, 809 kg/m^3 de álcool hidratado, 740 kg/m^3 de solventes e 873 kg/m^3 de outros energéticos de petróleo.

Note-se que essas emissões englobam totalmente as calculadas para o Segundo Inventário no setor Uso de Solventes e Outros Produtos. O consumo de não energéticos de lubrificantes (emissões de CO_2) e querosene iluminante, álcool hidratado, solventes e outros não energéticos de petróleo (emissões de NMVOC) informados pelo BEN são apresentados na Tabela 3.62. As emissões de CO_2 relativas ao consumo de lubrificantes e de NMVOC do uso de querosene iluminante, álcool hidratado, solventes e outros não energéticos de petróleo são apresentadas na Tabela 3.63.

TABELA 3.62
Dados de atividade e consumo não energético informado pelo (BEN)

CONSUMO	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/ 2010
	10^3 m^3					(%)
Lubrificantes	783	757	921	960	1.242	29,3%
Querosene Iluminante	0	0	0	29	9	-68,6%
Álcool Hidratado	855	1.021	960	530	0	-100,0%
Solventes	281	354	543	1.287	592	-54,0%
Outros não Energéticos de Petróleo	1.213	962	1.663	1.324	3.948	198,1%
Asfalto p/ pavimentação	1.143	1.079	1.575	1.269	2.578	103,2%

TABELA 3.63
Emissão de CO_2 e NMVOC pelo uso de lubrificantes, solventes e outros produtos

GASES	COMBUSTÍVEL	1990	1995	2000	2005	2010	VAR.2005/ 2010
		(Gg)					(%)
CO_2	**Lubrificantes**	**428**	**414**	**504**	**525**	**679**	29,3%
NMVOC	Querosene Iluminante	0	0	0	23	7	-68,6%
	Álcool Hidratado	692	826	776	429	0	-100,0%
	Solventes	208	262	402	953	438	-54,0%
	Outros não Energéticos de Petróleo	1.059	840	1.452	1.156	3.447	198,1%
	Asfalto p/ pavimentação	380	359	524	422	858	103,2%
	Total	**2.339**	**2.287**	**3.154**	**2.982**	**4.750**	**59,3%**

3.4. AGROPECUÁRIA

A agricultura e a pecuária são atividades econômicas de grande importância no Brasil. Devido à sua grande extensão de terras agricultáveis e disponíveis para pastagem, o país ocupa um lugar de destaque no mundo quanto à produção nesse setor.

As atividades agropecuárias geram emissões de gases de efeito estufa que ocorrem por diversos processos. As principais emissões são de CH_4, pela fermentação entérica nos ruminantes, com 64,4% de participação na geração deste gás, em 2010. Na pecuária, os sistemas de manejo de dejetos de animais são responsáveis pela emissão de CH_4 e N_2O.

Existem emissões de CH_4 por cultivo de arroz inundado, que é uma das principais fontes de emissão deste gás no mundo, porém, não é tão expressiva no Brasil, em virtude de uma grande parcela do arroz ser produzida em áreas não inundadas. A queima imperfeita de resíduos agrícolas produz emissões de CH_4 e N_2O, e, além destas, libera NO_x, CO e NMVOC. No Brasil, a queima de resíduos é aplicada nas culturas de cana-de-açúcar e algodão.

A emissão de N_2O em solos agrícolas ocorre principalmente pela deposição de dejetos de animais em pastagem e também pelas práticas de fertilização do solo, que incluem o uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos e manejo de dejetos de animais. A utilização de solos orgânicos para cultivo também gera emissões de N_2O.

3.4.1. Pecuária

Na atividade de criação de animais, existem vários processos causadores de emissões de gases de efeito estufa. A produção de CH_4 é parte do processo de digestão dos herbívoros ruminantes (fermentação entérica); o manejo de dejetos de animais gera emissões tanto de CH_4 quanto de N_2O; a utilização de esterco animal como fertilizante e a deposição no solo dos dejetos de animais em pastagem também produzem N_2O.

A pecuária, em particular os herbívoros ruminantes, constitui uma fonte importante de emissões de metano. As categorias de animais considerados pela metodologia do IPCC (1996) incluem: animais ruminantes (gado de leite, gado de corte, búfalos, ovelhas e cabras) e animais não ruminantes (cavalos, mulas, asnos e suínos). A categoria de aves é incluída apenas na estimativa das emissões pelo manejo de dejetos animais.

Em 2010, o total de cabeças do rebanho nacional foi estimado em 284 milhões, fora as aves, que contavam mais de 1,2 bilhão de cabeças, conforme a Tabela 3.64.

TABELA 3.64
População dos diferentes rebanhos

CATEGORIAS DE ANIMAIS	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	(10^3 CABEÇAS)					(%)
Bovinos de corte	128.306	140.649	151.991	186.531	186.616	0,0%
Vacas leiteiras	19.167	20.579	17.885	20.626	22.925	11,1%
Suínos	33.687	36.062	31.562	34.064	38.957	14,4%
Ovinos	20.049	18.336	14.785	15.588	17.381	11,5%
Caprinos	11.901	11.272	9.347	10.307	9.313	-9,6%
Equinos	6.161	6.394	5.832	5.787	5.514	-4,7%
Asininos	1.343	1.344	1.242	1.192	1.002	-15,9%
Muares	2.034	1.990	1.348	1.389	1.277	-8,0%
Bubalinos	1.398	1.642	1.103	1.174	1.185	0,9%
Galinhas	174.714	188.367	183.495	186.573	210.761	13,0%
Galos, pintos e frangos	372.066	541.164	659.246	812.468	1.028.151	26,5%
Codornas	2.464	2.939	5.775	6.838	12.992	90,0%

Fonte: IBGE.

Em 2010, 94,8% do total de emissões de metano pela pecuária brasileira foram atribuídas à fermentação entérica, Tabela 3.65. Considerando ainda o ano de 2010, as categorias de gado bovino contribuíram com 96,8% das emissões de metano por fermentação entérica e 93,9% das emissões totais de metano da pecuária.

TABELA 3.65

Emissão de CH_4 proveniente da pecuária

FONTE	1990	1995	2000	2005	2010	PART. 2010	VAR. 2005/2010
	(Gg CH_4)					(%)	
Fermentação Entérica	8.223,9	8.957,1	9.349,5	11.213,8	11.158,0	94,8%	-0,5%
Manejo de Dejetos Animais	421,6	471,6	479,7	543,9	608,1	5,2%	11,8%
Total	**8.645,5**	**9.428,7**	**9.829,2**	**11.757,7**	**11.766,1**	**100%**	**0,1%**

As estimativas detalhadas das emissões por fermentação entérica e manejo de dejetos são apresentadas a seguir. As emissões de N_2O devido à adição de esterco ao solo, intencionais ou por animais em pastagem, são tratadas em conjunto com os outros tipos de fertilizantes no item 3.4.4 (Emissões diretas de N_2O por solos agrícolas).

3.4.1.1. Fermentação entérica

A produção de CH_4 é proveniente do processo digestivo dos animais ruminantes, ocorrendo em quantidades bem menores em outros herbívoros. A contribuição de animais não ruminantes às emissões globais de metano é considerada não significativa, representando apenas cerca de 5,2% das emissões totais de metano por animais domésticos.

A intensidade de emissão depende do tipo de animal, do tipo e da quantidade de alimento, do seu grau de digestibilidade e da intensidade da atividade física do animal, em função das diversas práticas de criação.

A estimativa dos fatores de emissão é fundamentada no reconhecimento desses parâmetros, o que permitirá a avaliação das emissões. No Brasil, devido à grande extensão territorial e à grande dispersão da atividade, com diversidade de práticas e de tipos de alimentação fornecida aos animais, há uma grande variação desses parâmetros.

Infelizmente, as pesquisas nessa área ainda são insuficientes no país. No entanto, por meio da contribuição de especialistas brasileiros, os fatores de emissão para o gado bovino foram obtidos e adequados às características de criação e às diferenças regionais. Os valores obtidos mostraram-se consistentemente superiores aos valores *default* do IPCC (1997).

De acordo com as características da dieta, foi estimado que a emissão do gás metano varia entre 4 e 12% da energia bruta do alimento ingerido, podendo ser considerada a média de 8%. Como a produção de metano varia de acordo com a quantidade e qualidade do alimento ingerido, a diferença de várias modalidades e condições de sistemas de produção de animais domésticos resulta em diferentes percentuais de emissão de metano. O consumo de alimento está relacionado ao tamanho do animal, às condições ambientais, à taxa de crescimento e à produção (leite, carne, lã e gestação). Geralmente, quanto maior esse consumo, maior será a emissão de CH_4 e quanto melhor a qualidade da dieta, menor será esta emissão por unidade de alimento ingerido.

Além disso, é preciso considerar que os ruminantes experimentam variações sazonais no suprimento de alimento, considerando as condições climáticas que alteram a qualidade das pastagens e que se diferencia de acordo com o tipo de solo. Dessa forma, é possível observar um padrão sazonal de ganho de peso na estação úmida (quente) e perda de peso na estação seca (fria), que ocorre nos indivíduos com mais de 3,5 anos de idade.

Para a atividade leiteira, observam-se sistemas de produção com diferentes graus de especialização, desde propriedades de subsistência – sem técnicas e produção diária inferior a 10 litros, a produtores altamente especializados – com produção diária acima de 50 mil litros. Estima-se que somente 2,3% das propriedades leiteiras sejam especializadas e que essas respondam por, aproximadamente, 44% da produção total de leite no país. Em contrapartida, 90% dos produtores considerados de pequeno porte são responsáveis por apenas 20% da produção total. Há ainda um grupo intermediário em termos de especialização da propriedade que corresponde a 7,7% dos produtores que assumem 36% da produção.

Foram estabelecidas características zootécnicas para os períodos de 1990 a 1995, 1996 a 2001 e 2002 a 2006, de acordo com as peculiaridades dos rebanhos no país. Dentro desses períodos, houve uma variação nos dados de digestibilidade e prenhez para as regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste. A partir desses parâmetros, foram estimados os fatores de emissão de metano para fermentação entérica da pecuária. Para as fêmeas do gado de corte e para o gado leiteiro, os cálculos também levam em conta a produção de leite, considerada a mesma para os dois casos e disponível por estado e por ano, resultando diferentes fatores de emissão para todos os anos, em cada estado.

Para os outros animais, utilizaram-se os fatores de emissão *default* do IPCC, devido à inexistência de informações nacionais consistentes, aumentando o grau de incerteza das estimativas.

Na Tabela 3.66, é possível conferir as estimativas para as emissões de metano, devido à fermentação entérica, de acordo com a categoria animal. Entre os tipos de animais, o gado bovino de corte foi o maior contribuinte para essas emissões.

TABELA 3.66

Emissão de CH_4 da fermentação entérica

TIPO DE ANIMAL	1990	1995	2000	2005	2010	PART. 2010	VAR. 2005/2010
	(Gg CH_4)					(%)	
Gado bovino	7.809,9	8.534,3	9.005,8	10.855,7	10.798,4	96,8%	-0,5%
Gado de leite	1.197,7	1.297,1	1.777,9	1.371,4	1.424,0	12,8%	3,8%
Gado de corte	6.611,2	7.237,2	7.827,9	9.484,3	9.374,4	84,0%	-1,2%
Outros animais	415,0	422,8	343,7	358,1	359,6	3,2%	0,4%
Total	**8.223,9**	**8.957,1**	**9.349,5**	**11.213,8**	**11.158,0**	**100%**	**-0,5%**

3.4.1.2. Manejo de dejetos de animais

A principal fonte de emissão de metano está relacionada aos dejetos animais tratados sob condições anaeróbias. Isso ocorre devido à atividade de bactérias metanogênicas que atuam em condições anaeróbias produzindo quantidades relevantes de CH_4. Esse processo é favorecido quando os dejetos são estocados na forma líquida.

Devido às características de pecuária extensiva no Brasil, as lagoas de tratamento anaeróbio constituem uma pequena fração dos sistemas de manejo. Mesmo para o gado confinado, observa-se um número restrito de instalações de tratamento de dejetos. Os resíduos dos animais depositados na pastagem secam e decompõem-se no campo, de modo que são esperadas quantidades mínimas de emissão de CH_4 a partir dessa fonte. O uso de esterco como fertilizante não é expressivo no país, sendo estimado em no máximo 20% nos casos de gado de corte e leiteiro e de suínos e, aproximadamente, de 80% no caso das aves.

A estimativa das emissões de CH_4 foi feita utilizando as metodologias recomendadas pelo IPCC. Para o gado bovino e para os suínos, foi utilizada a metodologia detalhada, que leva em conta parâmetros nacionais de alimentação, digestibilidade e sistemas de manejo, obtidos com a colaboração de especialistas brasileiros.

A composição do dejeto é determinada pela dieta animal, de modo que quanto maior o conteúdo de energia e a digestibilidade do alimento, maior a capacidade de produção de CH_4. Um gado alimentado com uma dieta de alta qualidade produz um dejeto altamente biodegradável, com maior potencial de gerar metano, ao passo que um gado alimentado com uma dieta mais fibrosa produzirá um dejeto menos biodegradável, contendo material orgânico mais complexo, tal como celulose, hemicelulose e lignina. Esta segunda situação estaria mais associada ao gado criado a pasto em condições tropicais. As maiores emissões de metano provenientes de dejetos animais estão associadas a animais criados sob manejo intensivo.

De acordo com pesquisadores, os sistemas de armazenamento e tratamento de dejetos suínos existentes no Sul do país consistem de sistemas de estocagem de dejetos. O objetivo é sua aplicação ao solo e valorização como fertilizante agrícola para o milho e outras culturas. Atualmente, os dois sistemas de estocagem de dejetos de suínos mais utilizados são conhecidos como bioesterqueira e esterqueira convencional. Até o ano 1996 existiam poucos biodigestores instalados no país. Porém, a partir de 2004, em função de novas tecnologias que surgiram no âmbito do MDL, observou-se um aumento na adoção desses equipamentos.

O manejo de dejetos de animais, dependendo do sistema empregado, também pode produzir, durante seu processamento, emissões de N_2O, que estão descritas nas emissões provenientes de solos agrícolas. A estimativa das emissões de N_2O foi feita utilizando a metodologia recomendada pelo IPCC, considerando a participação dos diversos sistemas utilizados para cada tipo de animal. Na ausência de informação sobre fatores de emissão específicos para o Brasil, foram utilizados os valores *default* do IPCC.

Informações sobre o tamanho de rebanho (pequenas e médias propriedades, abaixo de 300 animais e grandes propriedades, acima de 300 animais) foram utilizadas também como base para o cálculo das estimativas. As maiores emissões de metano provenientes de dejetos animais estão associadas a animais criados sob manejo intensivo. O potencial dos dejetos animais para produzir CH_4 pode ser expresso em termos do CH_4 gerado por quilo de sólidos voláteis (VS) de material residual. As estimativas de emissões de CH_4 por manejo de dejetos de animais podem ser observadas na Tabela 3.67.

TABELA 3.67
Emissão de CH_4 por manejo de dejetos animais

TIPO DE ANIMAL	1990	1995	2000	2005	2010	PART. 2010	VAR. 2005/2010
	(Gg CH_4)					(%)	
Gado bovino	191,2	208,7	215,9	254	258,7	42,5%	1,9%
Gado de leite	35,9	38,5	34,1	39,7	44	7,2%	10,8%
Gado de corte	155,3	170,2	181,8	214,3	214,7	35,3%	0,2%
Suínos	159,5	173,7	166,5	178,7	214,9	35,3%	20,3%
Aves	48,4	66,3	78,1	91,5	115,3	19,0%	26,0%
Outros Animais	22,5	22,9	19,2	19,7	19,2	3,2%	-2,5%
Total	**421,6**	**471,6**	**479,7**	**543,9**	**608,1**	**100%**	**11,8%**

3.4.2. Cultivo de Arroz

O arroz pode ser cultivado sob diferentes sistemas, de acordo com regime de fornecimento de água: a) arroz de sequeiro ou terras altas – depende exclusivamente da precipitação pluvial para o desenvolvimento e as áreas de cultivo não estão sujeitas à inundação; b) arroz cultivado em áreas favorecidas por irrigação sem formação de lâmina d'água; c) arroz cultivado em condições de várzeas úmidas – áreas sujeitas à inundação do solo, porém não existe controle da irrigação; e d) arroz irrigado por inundação – produzido sob regime de irrigação controlada com lâmina d'água por períodos de tempo significativos ao longo do ciclo de cultivo (IPCC, 2006). A decomposição anaeróbia de matéria orgânica em campos de arroz irrigados ou inundados é uma importante fonte de CH_4. Esse processo não ocorre, porém, quando o arroz é cultivado em terras altas (arroz de sequeiro).

No Brasil, a produção de arroz é desenvolvida nos sistemas irrigado e sequeiro, que responderam na safra 2009/2010, respectivamente, por 51% e 49% da área cultivada (EMBRAPA, 2014). A emissão de metano associada ao cultivo de arroz está associada, apenas, às lavouras irrigadas por inundação do solo ou estabelecidas em várzea úmida. O cultivo de arroz irrigado por inundação é uma atividade relevante na contabilização de emissões de metano do setor agropecuário, particularmente para a região Sul, onde anualmente são cultivados mais de um milhão de hectares, contribuindo com cerca de 72% da produção nacional do cereal, em 2010 (CONAB, 2010).

O Brasil apresentou em 1990 uma área colhida de 1.258.445 ha de arroz irrigado, dos quais 85,6% em regime de inundação contínua, 1,5% em regime de inundação intermitente e 12,9% em regime de várzea. Em 1995, essa proporção foi de 89,9%, 0,9% e 9,2%, para as referidas categorias de cultivo, respectivamente. Em 2005, a área colhida de arroz irrigado no país foi estimada em 1.428.192 ha, 96,8% utilizando regime de inundação contínua e 3,2% em várzeas úmidas. No ano de 2010, também somente foram registradas duas

categorias de cultivo: arroz irrigado por inundação contínua, respondendo por 97,4% da área (1.376.501 ha) e várzea úmida, representando 2,6% da área (37.262 ha) (EMBRAPA, 2013). Na safra (2009/2010), o arroz contribuiu com cerca de 7,7% (11,236 milhões de toneladas) do total de grãos colhidos no país (147,091 milhões de toneladas) (CONAB, 2010).

A área total cultivada de arroz em regimes de irrigação ou de várzea pode ser observada na Tabela 3.68.

TABELA 3.68
Área colhida de arroz

ÁREA COLHIDA	1990	1995	2000	2005	2010	PART. 2010	VAR. 2005/2010
	(10^3 ha)					(%)	
Regime contínuo	1.077,10	1.359,50	1.262,20	1.382,50	1.376,50	97,4%	-0,4%
Regime intermitente (aeração única)	19,5	13	0	0	0	0,0%	NA
Regime de várzea	161,9	139,7	59,3	45,7	37,3	2,6%	-18,4%
Total de arroz irrigado	**1.258,40**	**1.512,20**	**1.321,50**	**1.428,20**	**1.413,80**	**100%**	**-1,0%**

Fonte: Embrapa (2013).

Estudos realizados em diferentes países têm mostrado a influência de vários fatores sobre a emissão de CH_4 em campos de arroz inundado. Esses fatores incluem temperatura, radiação solar, tipo de adubação, tipo de cultivares e tipos de solos. No Brasil, não existem, ainda, dados experimentais que permitam definir fatores de emissão específicos, sob diferentes condições regionais e climáticas. Por esse motivo, foram utilizados os fatores *default* do IPCC.

As estimativas das emissões de CH_4, proveniente do cultivo de arroz, podem ser observadas na Tabela 3.69. A diminuição da emissão observada entre os anos de 1995 e 2010 deveu-se à redução da área colhida nesse período. Em 2010, as emissões provenientes de cultivo de arroz sob regime de inundação contínua representaram 98,1% e em regime de várzea 1,9% das emissões totais. Na Tabela 3.70, é possível observar a contribuição de cada região do país na emissão de metano por cultivo de arroz.

TABELA 3.69
Emissão de CH_4 por regime de cultivo de arroz

REGIMES DE PLANTIO	1990	1995	2000	2005	2010	PART. 2010	VAR. 2005/2010
	(Gg CH_4)					(%)	
Regime contínuo	393,6	476,4	433,9	452,7	455,3	98,1%	0,6%
Regime intermitente	1,2	0,8	0	0	0	0	NA
Regime de várzea umida	38,9	33,5	14,2	11,0	8,9	1,9%	-18,5%
Total	**433,6**	**510,8**	**448,1**	**463,7**	**464,2**	**100%**	**0,1%**

TABELA 3.70
Emissão de CH_4 de cultivo de arroz por região

REGIÃO	1990	1995	2000	2005	2010	PART. 2010	VAR. 2005/2010
	(Gg CH_4)					(%)	
Norte	8,8	22,2	16,8	23,3	23,6	5,1%	1,1%
Nordeste	16,3	18,9	15,4	16,2	14	3,0%	-13,7%
Sudeste	67,2	53,8	26,6	20	11,8	2,5%	-41,1%
Sul	320,2	402,2	376,9	387,8	404,3	87,1%	4,3%
Centro-Oeste	21	13,7	12,4	16,3	10,5	2,3%	-35,6%
Total	**433,6**	**510,8**	**448,1**	**463,7**	**464,2**	**100%**	**0,1%**

3.4.3. Queima de Resíduos Agrícolas

No Brasil, a queima de resíduos agrícolas ainda ocorre, principalmente, na cultura de cana-de-açúcar, a despeito do aumento progressivo da colheita mecanizada nos últimos anos. No entanto, para a cultura de algodão, a prática de queima deixou de ser comum no início da década de 1990.

Apesar de a queima de resíduos liberar uma grande quantidade de CO_2, essa emissão não é contabilizada no Inventário, pois, por meio da fotossíntese, a mesma quantidade de CO_2 é necessariamente absorvida durante o crescimento das plantas. Porém, durante o processo de combustão, outros gases não-CO_2 são produzidos. As taxas de emissão desses gases dependem do tipo de biomassa e das condições da queima. Na fase de combustão com chama, são gerados os gases N_2O e NO_x, sendo que os gases CH_4 e CO são formados sob condições de queima com predomínio de fumaça.

3.4.3.1. Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta de alta eficiência fotossintética, com ótimo crescimento na faixa de temperatura de 20 a 35 °C, de maneira que seu cultivo expandiu-se para os mais diferentes tipos de solos no território nacional, sendo também bastante tolerante à acidez e à alcalinidade. Essa cultura tem grande importância na economia nacional, principalmente devido à produção de açúcar.

A prática da queima da cana-de-açúcar na pré-colheita foi amplamente utilizada no país até 2005, com intuito de favorecer o rendimento do corte manual, evitar problemas com animais peçonhentos, comuns nas plantações, e facilitar o preparo do terreno para novos plantios. Após 2006, foi observado um grande aumento na proporção da colheita sem queima, atingindo 34% do total da área colhida em 2007.

Atualmente, mais de 55% das áreas de cultivo de cana no estado de São Paulo já são colhidas sem queima (AGUIAR et al., 2010), sendo este estado o responsável por mais de 60% da produção brasileira (UNICA, 2010[4]).

Dados preliminares a respeito da área de produção de cana, resultantes de um levantamento efetuado em 355 usinas no país pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), para a safra de 2007, indicam que a colheita mecânica abrangeu apenas 4% das áreas no estado de Pernambuco, segundo maior produtor de cana, e apenas 3% no estado de Alagoas. Para anos anteriores a 2006, em razão da ausência de dados e de indicações confiáveis sobre as frações gradativas de ocorrência de mecanização, assumiu-se que toda a área colhida de cana-de-açúcar nesses estados era sujeita à queima.

Em 2010, a região que mais contribuiu para as emissões foi a Sudeste com 55,2% do total das emissões nesse período, seguida da região Centro-Oeste, que contribuiu com 20,6%. A região Norte foi a que menos contribuiu com as emissões (0,4%). O aumento das emissões de CH_4 no período de 2005 a 2010 pode ser explicado pelo aumento da área colhida de cana no país e pelo aumento no rendimento médio da cultura, refletindo em maior biomassa sujeita à queima. Nesse período, ocorreu um aumento de 153,8% de área plantada no Centro-Oeste, o qual contribuiu com 14,9% da área colhida no país em 2010.

A área média anual colhida de cana-de-açúcar, sua produção e rendimento médio podem ser conferidos na Tabela 3.71.

TABELA 3.71

Área colhida, produção e rendimento do cultivo de cana-de-açúcar

ANO	ÁREA COLHIDA (ha)	PRODUÇÃO (t)	RENDIMENTO MÉDIO (t/ha)
1990	4.287.625	262.674.150	61
1991	4.210.954	260.887.893	62
1992	4.202.604	271.474.875	65
1993	3.863.702	244.531.308	63
1994	4.345.260	292.101.835	67
1995	4.559.062	303.699.497	67
1996	4.750.296	317.016.081	67
1997	4.814.084	331.612.687	69
1998	4.985.624	345.254.972	69
1999	4.898.844	333.847.720	68
2000	4.804.511	326.121.011	68
2001	4.957.897	344.292.922	69
2002	5.100.405	364.389.416	71
2003	5.371.020	396.012.158	74

continua na próxima página

4 *Perspectivas da Expansão da Produção. Elaboração: UNICA, Copersucar e Cogen. Não publicado.*

ANO	ÁREA COLHIDA (ha)	PRODUÇÃO (t)	RENDIMENTO MÉDIO (t/ha)
2004	5.631.741	415.205.835	74
2005	5.805.518	422.956.646	73
2006	6.144.286	457.245.516	74
2007	7.143.906	549.707.314	77
2008	8.113.213	645.300.182	79
2009	8.933.825	691.606.147	77
2010	9.195.843	717.462.101	78

Na Tabela 3.72, pode-se observar os valores estimados para a emissão dos gases provenientes da queima de cana-de-açúcar. De 2005 a 2010, observou-se, em média, um aumento de 36% nas emissões de gases derivadas da queima de resíduos de cana-de-açúcar no país, apesar de o aumento na área colhida de cana ter sido de 58%.

TABELA 3.72
Emissão para queima de cana-de-açúcar

GÁS	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	(Gg)					(%)
CH_4	102,7	118,7	105,0	136,3	185,3	36,0%
N_2O	2,66	3,08	2,72	3,53	4,80	36,0%
CO	3.499,2	4.045,8	3.576,4	4.644,4	6.313,5	35,9%
NO_x	95,1	109,9	97,2	126,2	171,6	36,0%

3.4.3.2. Algodão herbáceo

A cultura do algodão diferencia-se em duas categorias, que são o algodão herbáceo e o algodão arbóreo, este último caracterizado por ser uma cultura perene na qual não ocorre a queima de resíduos. Para o presente Inventário, com base em informações obtidas por meio de consulta aos agentes da cadeia produtiva do algodão e da legislação atual, reavaliou-se a prática de queima como método de erradicação e eliminação dos restos culturais no período posterior a 1990. A prática comum tem sido o de roçar e gradear os restos culturais, incorporando os resíduos ao solo, em concordância com a não obrigatoriedade da queima pela legislação vigente. Nos casos de rebrota, o tratamento químico é o mais utilizado. Assim, assumiu-se que houve um período de transição entre a obrigatoriedade e a não obrigatoriedade de queima de resíduos de algodão no início da década de 90, bem como dos mecanismos de erradicação dos restos culturais no campo. Considerou-se que houve uma queda gradativa de

50% para 0%, no período 1990-1995, como fração das áreas que ainda praticavam a queima. Após esse período, assumiu-se a não existência de queima de resíduos de algodão no país.

TABELA 3.73

Emissão para queima de cultura de algodão

GÁS	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	(Gg)					(%)
CH_4	3,8	-	-	-	-	-
N_2O	0,10	-	-	-	-	-
CO	128,4	-	-	-	-	-
NO_x	3,5	-	-	-	-	-

3.4.4. Emissões de N_2O Provenientes de Solos Agrícolas

A utilização de fertilizantes nitrogenados é apontada como o principal motivo do aumento global das emissões de N_2O por solos agrícolas. No Brasil, entretanto, a principal fonte de emissões são os dejetos de animais em pastagem. Emissões de N_2O ocorrem, também, pela aplicação de esterco animal como fertilizante, pelo nitrogênio proveniente de resíduos agrícolas e pela deposição atmosférica de NO_x e NH_3.

As emissões de N_2O provenientes de solos agrícolas foram subdivididas em três categorias, conforme o *Guidelines* 1996:

- >> emissões de N_2O provenientes dos dejetos de animais em pastagem;
- >> outras fontes diretas de emissão de N_2O, que incluem o uso de fertilizantes sintéticos, o nitrogênio de dejetos de animais usados como fertilizantes, a fixação biológica de nitrogênio e os resíduos de colheita; e
- >> fontes indiretas de emissão de N_2O, a partir do nitrogênio usado na agricultura, que incluem a volatilização e subsequente deposição atmosférica de NO_x e NH_3 provenientes da aplicação de fertilizantes, e a lixiviação e o escoamento de nitrogênio de fertilizantes.

As estimativas das emissões de N_2O por solos agrícolas no Brasil estão apresentadas na Tabela 3.74. Em 2010, as emissões totais foram estimadas em 452,45 Gg N_2O, sendo a maior participação a das emissões diretas, na qual os dejetos em pastagens são a causa principal.

De 2005 a 2010, as diferentes fontes de N_2O mantiveram a mesma ordem de importância quanto à contribuição para as emissões totais de N_2O de solos agrícolas. A deposição de excretas de animais em pastagens permaneceu como a fonte mais relevante. As emissões indiretas representaram 37,6% do total em 2010.

É importante destacar que resultados recentes da pesquisa com emissões de N_2O da agricultura nacional não confirmam que a fixação biológica de nitrogênio seja um processo relevante para a emissão de N_2O, tanto que essa fonte de emissão não aparece mais no *Guidelines* 2006. Portanto, a fixação biológica de nitrogênio não foi considerada como fonte de emissão neste Inventário.

TABELA 3.74
Emissão N_2O por solo agrícola

FONTE	1990	1995	2000	2005	2010	PART. 2010	VAR. 2005/ 2010
	(Gg N_2O)					(%)	
Emissões Diretas	184,07	205,28	213,85	257,09	282,31	62,4%	9,8%
Animais em Pastagem	129,73	140,2	140,12	167,45	170,24	37,6%	1,7%
Bovinos	107,99	118,49	122,04	148,83	152	33,6%	2,1%
Outros	21,74	21,71	18,08	18,62	18,24	4,0%	-2,0%
Fertilizantes Sintéticos	9,81	14,27	21,28	27,51	35,74	7,9%	29,9%
Aplicação de adubo	14,9	16,4	15,88	17,81	21,33	4,7%	19,8%
Bovinos	4,74	5,03	4,87	5,46	5,77	1,3%	5,7%
Outros estercos + vinhaça	10,16	11,37	11,01	12,35	15,56	3,4%	26,0%
Resíduos Agrícolas	15,32	19,8	21,66	29,11	39,49	8,7%	35,7%
Soja	4,85	6,26	8	12,47	16,75	3,7%	34,3%
Cana	1,03	1,2	1,82	2,35	5,47	1,2%	132,8%
Feijão	0,77	1,02	1,06	1,05	1,09	0,2%	3,8%
Arroz	0,85	1,29	1,28	1,52	1,29	0,3%	-15,1%
Milho	3,48	5,91	5,27	5,72	9,02	2,0%	57,7%
Mandioca	2,66	2,78	2,52	2,83	2,73	0,6%	-3,5%
Outras	1,68	1,34	1,71	3,17	3,14	0,7%	-0,9%
Solos Orgânicos	14,31	14,61	14,91	15,21	15,51	3,4%	2,0%
Emissões Indiretas	106,68	120,31	127,87	155,53	170,14	37,6%	9,4%
Deposição Atmosférica	22,31	25,18	26,53	32,69	35,65	7,9%	9,1%
Fertilizantes Sintéticos	2,44	3,56	4,94	7,08	9,13	2,0%	29,0%
Adubo Animal	19,87	21,62	21,59	25,61	26,52	5,9%	3,6%
Bovinos	15,58	17,06	17,49	21,21	21,71	4,8%	2,4%
Outros	4,29	4,56	4,1	4,4	4,81	1,1%	9,3%
Lixiviação	84,37	95,13	101,34	122,84	134,49	29,7%	9,5%
Fertilizantes Sintéticos	9,18	13,37	19,66	25,95	33,65	7,4%	29,7%
Adubo Animal	75,19	81,76	81,68	96,89	100,84	22,3%	4,1%
Bovinos	58,44	63,96	65,59	79,53	81,41	18,0%	2,4%
Outros	16,75	17,8	16,09	17,36	19,43	4,3%	11,9%
Total	**290,75**	**325,59**	**341,72**	**412,62**	**452,45**	**100%**	**9,7%**

3.4.4.1. Emissões de N_2O devido aos animais em pastagem

Os dejetos depositados nos solos por animais durante a pastagem são a fonte mais importante das emissões de N_2O por solos agrícolas no Brasil, devido ao grande rebanho e ao fato de a criação extensiva ser a prática predominante de gado no país. Os sistemas de produção ainda se caracterizam por grande extensão territorial, com manejo de pastagens realizado de forma contínua.

No Brasil, entre 2005 e 2010, o total de nitrogênio excretado diretamente nas pastagens sofreu um aumento de 1,8%, sendo possível observar essa evolução nos dados da Tabela 3.75. As emissões de N_2O devido aos animais em pastagem representaram 37,6% dessas emissões de solos agrícolas em 2010, sendo o gado bovino o maior contribuinte para essa emissão.

As emissões de N_2O foram estimadas utilizando os fatores *default* do IPCC para o conteúdo de nitrogênio nos dejetos de animais e para o fator de emissão de N_2O por quantidade de nitrogênio depositado. Entre as regiões brasileiras, no ano de 2010, o Centro-Oeste possuía o maior número de cabeças de gado de corte, correspondendo a 34,6% do rebanho brasileiro. Na Tabela 3.75, pode-se observar que essa região oferece a maior contribuição em quantidade de nitrogênio proveniente de dejetos animais aplicado diretamente em pastagem.

A produção de bovinos de corte no início dos anos 2000 caracterizou-se por uma migração da região Sudeste para as regiões Centro-Oeste e Norte, que pode justificar o incremento da quantidade de nitrogênio aplicado diretamente ao solo nas regiões Norte e Centro-Oeste.

TABELA 3.75

Quantidade de nitrogênio em dejetos de animais aplicados diretamente em pastagem

SISTEMA		1990	1995	2000	2005	2010	PART. 2010	VAR. 2005/ 2010
		(t Nex*)					(%)	
Animais em pastagem	Norte	514.405	697.323	826.639	1.358.545	1.366.162	19,4%	0,6%
	Nordeste	1.157.440	1.050.992	1.004.210	1.162.718	1.233.083	17,5%	6,1%
	Sudeste	1.262.937	1.303.752	1.227.253	1.281.403	1.279.669	18,2%	-0,1%
	Sul	872.450	908.321	843.641	877.841	895.889	12,7%	2,1%
	Centro-Oeste	1.465.912	1.757.240	1.851.101	2.226.094	2.253.743	32,1%	1,2%
	Total	**5.273.143**	**5.717.627**	**5.752.843**	**6.906.602**	**7.028.545**	**100%**	**1,8%**

* *Nitrogênio excretado*

3.4.4.2. Emissões de N_2O por outras fontes diretas

Uso de fertilizante sintético

Os principais fertilizantes nitrogenados utilizados no Brasil são a ureia, a amônia, o nitrato de amônio anidro e o sulfato de amônio. O consumo total de fertilizantes nitrogenados sintéticos no Brasil, em 2010, foi 2,854 milhões de toneladas de conteúdo de nitrogênio, com um crescimento de 29,7% em relação ao consumo de 2005 conforme Tabela 3.76. Parte desse nitrogênio é incorporado às plantas e ao solo, parte volatiliza na forma de NO_x e NH_3 e parte é emitida na forma de N_2O. Na ausência de estudos específicos de fatores de emissão para as condições de manejo e clima do Brasil, foram utilizados os fatores *default* do IPCC.

A participação da região Sudeste no consumo total de fertilizantes nitrogenados no país aumentou 10,7% entre 2005 e 2010 e respondeu pela maior fatia de consumo no país em 2010, com 37,9% do total. As emissões diretas de N_2O por uso de fertilizantes sintéticos representaram 7,9% das emissões de N_2O de solos agrícolas em 2010, conforme a Tabela 3.74.

TABELA 3.76

Quantidade de fertilizante na forma de nitrogênio entregue ao consumidor final no Brasil, de 1990 a 2010

REGIÃO	1990	1995	2000	2005	2010	PART. 2010	VAR. 2005/ 2010
	(t N)					(%)	
Norte	1.273	4.941	13.731	22.692	33.113	1,2%	45,9%
Nordeste	80.013	119.902	147.286	197.012	280.905	9,8%	42,6%
Sudeste	402.060	563.642	721.382	977.190	1.081.888	37,9%	10,7%
Sul	231.403	327.147	499.749	631.653	882.822	30,9%	39,8%
Centro-Oeste	64.566	119.013	286.047	372.857	576.091	20,2%	54,5%
Brasil	**779.315**	**1.134.645**	**1.668.195**	**2.201.404**	**2.854.819**	**100%**	**29,7%**

Uso de esterco como fertilizante

As emissões de óxido nitroso (N_2O) estimadas nesta seção estão relacionadas ao N_2O produzido durante o armazenamento e tratamento de dejetos animais, antes de serem aplicados ao solo como adubo. O termo dejeto ou esterco é usado aqui coletivamente para os resíduos sólidos e líquidos produzidos pela pecuária. A emissão de N_2O dos dejetos durante o armazenamento e tratamento depende do nitrogênio e carbono neles contidos, da duração da estocagem e do tipo de tratamento. O termo "sistema de manejo" é usado para todos os tipos de armazenamento e tratamento de esterco.

A quantidade de nitrogênio excretada pelos animais que não ocorre diretamente nas pastagens é assumida como sendo aplicada ao solo como adubo.

De acordo com as práticas utilizadas em cada região, considerou-se que os dejetos manejados, utilizando os sistemas de lagoa anaeróbica, armazenamento sólido, *dry lot*, pastagem, esterqueira e biodigestor, são aplicados no campo como fertilizante. Como fatores de emissão de N_2O foram adotados os valores *default* do IPCC. As emissões diretas de N_2O por uso de esterco animal como fertilizante representaram 4,7% das emissões de N_2O de solos agrícolas em 2010, conforme a Tabela 3.74.

Exceto para a categoria de suínos e a de galináceos, a maior parte das excretas é depositada diretamente nas pastagens. No caso dos animais cujo esterco é "não manejado", isto é, animais de pastagem e piquete, os dejetos não são armazenados nem tratados, mas depositados diretamente no campo.

TABELA 3.77

Quantidade de nitrogênio em dejetos de animais aplicada como adubo em solos agrícolas, exceto pastagens

REGIÃO	1990	1995	2000	2005	2010	PART. 2010	VAR. 2005/2010
	(t Nex)					(%)	
Norte	71.207	87.270	61.546	64.687	59.001	4,2%	-8,8%
Nordeste	207.200	197.977	171.135	181.051	177.911	12,6%	-1,7%
Sudeste	299.922	319.268	313.788	336.297	376.677	26,8%	12,0%
Sul	349.212	415.349	432.639	485.119	586.326	41,7%	20,9%
Centro-Oeste	123.310	140.701	138.503	176.124	207.686	14,8%	17,9%
Total	**1.050.851**	**1.160.565**	**1.117.611**	**1.243.278**	**1.407.600**	**100%**	**13,2%**

As quantidades de nitrogênio em dejetos usados para adubação que geram diretamente emissões de N_2O são estimadas em 80% do total, sendo os 20% restantes correspondentes às perdas por volatilização de NH_3 e NO_x, que gerarão emissões indiretas de N_2O.

Na Tabela 3.78 indica-se a participação dos sistemas de manejo de dejetos no Brasil, que não incluem os depositados diretamente em pastagens, mostrando que as emissões de N_2O dos sistemas de manejo de dejetos animais são predominantes da região Sul do país.

TABELA 3.78

Resumo de emissão de N_2O por manejo de dejeto animal no Brasil

REGIÃO	1990	1995	2000	2005	2010	PART. 2010	VAR. 2005/2010
	(Gg N_2O)					(%)	
Norte	0,73	0,91	0,66	0,67	0,62	4,2%	-6,6%
Nordeste	2,36	2,36	2,13	2,27	2,34	15,7%	3,1%
Sudeste	2,95	3,3	3,47	3,79	4,37	29,5%	15,4%
Sul	2,98	3,73	3,94	4,45	5,52	37,2%	24,2%
Centro-Oeste	1,01	1,2	1,29	1,65	1,98	13,4%	20,5%
Total	**10,03**	**11,49**	**11,49**	**12,82**	**14,84**	**100%**	**15,8%**

Fixação biológica de nitrogênio

O processo de redução de N_2 atmosférico para formas combinadas de N-amoniacal, por intermédio de organismos vivos, é denominado de fixação biológica do nitrogênio. No Brasil, a prática de inoculação com bactérias específicas para fixação de N_2 é rotineiramente utilizada apenas na cultura da soja, não existindo informações disponíveis sobre sua aplicação em outras culturas.

Em relação às emissões de N_2O decorrentes do processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) por leguminosas, tal como consta no *Guidelines* 1996, Rochette e Janzen (2005) mostraram não existir dados na literatura que confirmem a existência de uma relação dos dois processos e, por isso, a FBN não é mais considerada como fonte de N_2O na metodologia do *Guidelines* 2006. A confirmação de que o cultivo da soja não implica emissões de N_2O devidas à FBN associada à cultura foi conseguida por Cardoso et al. (2008) ao não encontrar diferenças entre as emissões de N_2O medidas em solo plantado com uma variedade nodulante e outra não nodulante (incapaz de se beneficiar da FBN). No Sul do Brasil, Jantalia et al. (2008) também não registraram emissões de N_2O durante o crescimento de uma lavoura de soja que sugerissem a FBN como fonte relevante desse gás.

Por isso, para esse Inventário, foi retirada a FBN como fonte de N_2O, tal como descrito na metodologia do *Guidelines* 2006, corroborado pelas pesquisas nacionais.

Resíduos de colheita

O nitrogênio contido nos resíduos de colheita de culturas que são incorporados ao solo é também fonte de emissão de N_2O. Para estimar essas emissões, foram utilizadas as produções anuais e a quantidade de matéria seca por tipo de cultura. As principais culturas consideradas foram a cana-de-açúcar, o milho, a soja, o arroz, o feijão e a mandioca.

Considerando a quantidade de nitrogênio contido no resíduo para cada cultura principal, além das outras temporárias, tem-se entre 2005 e 2010, um aumento de 35,7% na quantidade de nitrogênio que retorna aos solos agrícolas (Tabela 3.79), sendo o cultivo de soja o principal contribuinte.

TABELA 3.79
Quantidade de nitrogênio em resíduos deixados em solos agrícolas por cultura

CULTURA	1990	1995	2000	2005	2010	PARTICIPAÇÃO 2010	VARIAÇÃO 2005/2010
	(t N)					(%)	
Soja	308.484	398.168	508.834	793.496	1.065.957	42,4%	34,3%
Cana	65.863	76.150	115.631	149.598	347.858	13,8%	132,5%
Feijão	49.241	64.925	67.352	66.588	69.613	2,8%	4,5%
Arroz	54.232	82.040	81.372	96.413	82.113	3,3%	-14,8%
Milho	221.385	376.103	335.182	364.139	574.150	22,8%	57,7%
Mandioca	169.233	176.893	160.341	180.017	173.721	6,9%	-3,5%
Outras	107.201	85.489	108.978	201.545	199.954	8,0%	-0,8%
Total	**975.639**	**1.259.767**	**1.377.690**	**1.851.798**	**2.513.365**	**100%**	**35,7%**

Em razão da inexistência de dados confiáveis relativos aos resíduos provenientes das culturas permanentes (café, coco, laranja, entre outras), não foi calculada a quantidade de nitrogênio que retorna como resíduo dessas culturas. Os parâmetros utilizados para culturas temporárias (fração da matéria seca do produto colhido) não serviriam de referência para os resíduos das permanentes, uma vez que os resíduos dessas culturas não retornam para os solos agrícolas.

Para as culturas temporárias, fez-se um levantamento da literatura existente para estimar a fração de matéria seca do produto e a fração de nitrogênio da parte aérea da planta. Na ausência de melhores informações, foram utilizados os fatores de emissão *default* do IPCC para o conteúdo de nitrogênio nos resíduos e para a parcela de resíduo que permanece no campo. As emissões diretas de N_2O devido aos resíduos de colheita representaram 8,7% das emissões de N_2O dos solos agrícolas em 2010, conforme a Tabela 3.74, sendo as seis culturas principais responsáveis por 92% das emissões de todas.

Solos com alto conteúdo de matéria orgânica

Para as emissões de N_2O pelo manejo de solos orgânicos, é necessário estimar a área manejada, que é multiplicada pelo fator de emissão (FE). Para este inventário, a área de solos orgânicos foi levantada, tendo em conta a definição do IPCC (2006), que segue o sistema WRB (FAO/UNESCO), atendendo os seguintes critérios:

1. espessura de 10cm ou mais. Horizonte com <20cm deve apresentar 12% ou mais de carbono orgânico quando misturado até 20cm de profundidade;
2. a saturação do solo com água deve ocorrer apenas por poucos dias, e o solo apresenta mais do que 20% de carbono (peso) ou mais do que 35% de matéria orgânica;
3. se o solo está sujeito a episódios de saturação com água e possui (1) pelo menos 12% de carbono no caso de não ter argila; (2) pelo menos 18% de carbono se possuir 60% ou mais de argila; ou (3) proporção intermediária de carbono para proporção intermediária de argila.

Para o levantamento de solos, tomou-se o mapa de solos do Brasil elaborado pela Embrapa (escala 1:5.000.000). Em cada unidade da federação (UF), foram levantadas as unidades de mapeamento onde existiam Organossolos e Gleissolos Melânicos, cujas descrições atendem ao especificado para solos orgânicos.

Foram considerados os componentes 1, 2 e 3 (COMP1, COMP2 e COMP3), os quais representam o grau de importância da classe de solo na ocorrência de associações de solos observadas na unidade de mapeamento. Para cada componente, foi estabelecida a participação de cada classe de solo nas unidades de mapeamento (UM), considerando para UM com três componentes, componente 1 (50%), componente 2 (30%), componente 3 (20%) e/ou, no caso de dois componentes, componente 1 (60%), componente 2 (40%), de acordo com os critérios estabelecidos para composição das UM em levantamentos pedológicos. As áreas de solos orgânicos totalizam 1.598.267,46 ha (15.982,6746 km^2).

Para a estimativa de manejo, foram utilizados os mapas de uso da terra de 1994 e 2002, que constam no relatório de Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas da Segunda Comunicação Nacional. Consideraram-se como áreas de solos submetidos ao uso agrícola, as identificadas como "Área agrícola" (Ac), "Pastagem plantada" (Ap), "Campo manejado" (GM) e "Reflorestamento" (Ref), tendo como base a identificação usada no relatório de Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas. Em 1994, as áreas de solos orgânicos

manejadas corresponderam a 771.644,79 ha, e em 2002, 797.004,49 ha, o que representou um amento de apenas 3,3% em 8 anos, indicando uma certa estabilidade na área manejada. Assumiu-se uma hipótese simplificadora de que a variação foi linear entre os dois anos avaliados, e que o mesmo modelo se aplicaria para estimativas retroativas até 1990 e para as projeções até 2010. Dessa forma, a área manejada em 1990 representava 47,5% da área total de solos orgânicos do Brasil, e que aumentou linearmente até 2010, chegando a 51,5%.

De acordo com os *Guidelines* 1996, o cultivo de solos orgânicos nos subtrópicos e trópicos implica emissões da ordem de 8 a 16kg N-N_2O ha^{-1} ano^{-1}. Em função dos relatos de ocorrência de solos orgânicos estarem mais voltados para a região Centro-Sul, adotou-se um valor médio, para o fator de emissão de N_2O (FE) de 12kg N-N_2O ha^{-1} ano^{-1}.

3.4.4.3. Emissões de N_2O por fontes indiretas

Deposição atmosférica de NO_x e NH_3

Parte do nitrogênio contido nos fertilizantes sintéticos e nos dejetos de animais, usados como fertilizantes, volatiliza na forma de NO_x e NH_3. Essa parte é descontada quando se estimam as emissões devido às fontes diretas. Entretanto, parte desses gases volta a se depositar na superfície terrestre e, se essa deposição ocorrer em solos agrícolas, pode resultar em emissão adicional de N_2O. É impossível determinar em que área essa deposição ocorrerá, podendo, inclusive, ser nos oceanos. Da mesma forma, NO_x e NH_3 originados de outras fontes, como combustão, podem depositar-se em solos agrícolas. Portanto, a incerteza sobre essa parcela de emissões é muito grande. Adotou-se o critério de considerar a deposição total correspondente aos gases volatilizados a partir dos solos agrícolas. Foram utilizados os fatores de emissão *default* do IPCC. As emissões de N_2O provenientes da deposição atmosférica de NO_x e NH_3, em 2010, representaram 7,9% das emissões de N_2O dos solos agrícolas crescendo 9,1% com relação ao valor estimado em 2005, conforme a Tabela 3.74.

Lixiviação e escoamento superficial de nitrogênio

Parte do nitrogênio que é aplicado aos solos agrícolas através de fertilizantes sintéticos ou dejetos de animais é lixiviado e escoa por meio de rios até o oceano. Nesses ambientes ocorrem também emissões de N_2O, classificadas como emissões indiretas da aplicação de fertilizantes. A incerteza sobre os fatores de emissão de N_2O pelo escoamento desse nitrogênio é muito grande, não existindo avaliação sobre os valores mais apropriados às variadas condições no Brasil. Utilizaram-se os fatores de emissão *default* do IPCC. Em 2010, as emissões de N_2O devido à lixiviação e ao escoamento do nitrogênio aplicado como fertilizante representaram 29,7% das emissões de N_2O de solos agrícolas, crescendo 9,5% com relação ao valor de 2005, conforme a Tabela 3.73.

3.5. USO DA TERRA, MUDANÇA DO USO DA TERRA E FLORESTAS

A elaboração do Inventário para este setor foi baseada nas metodologias propostas no *Good Practice Guidance* 2003 (IPCC, 2003), inserindo, quando pertinente, atualizações do *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* 2006 (IPCC, 2006). Ainda que o uso desses guias não seja mandatório para países em desenvolvimento, optou-se por utilizá-los devido à proeminência das emissões associadas à Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas (LULUCF, na sigla em inglês) diagnosticada nos inventários anteriores (BRASIL, 2004; 2010). Ainda nesse contexto, foi novamente aplicada a abordagem mais detalhada descrita nos guias, que inclui a observação espacialmente explícita de categorias de uso da terra e suas conversões no período avaliado.

A estimativa das emissões e remoções com base nessa metodologia exige uma correta representação das áreas e sua associação às categorias de uso propostas pelo IPCC, a partir de uma abordagem adequada, consistente, completa e transparente. Dessa forma, para que o resultado deste trabalho fosse bem fundamentado, a execução do inventário envolveu a busca de informações na literatura científica e o suporte de especialistas de diversas regiões do país, tanto para o mapeamento dos diferentes usos da terra, como para a compilação dos dados utilizados para as estimativas de emissões e remoções. Além disso, para manter todo o processo transparente e replicável, todas as etapas são detalhadamente descritas e seus metadados, quando possível, disponibilizados.

Uma das dificuldades associadas a este setor refere-se à identificação das contribuições antrópicas e não antrópicas nas emissões e remoções de gases de efeito estufa. Este Terceiro Inventário Nacional aplica, analogamente ao aplicado no Segundo Inventário Nacional, o conceito de terras manejadas (*Managed Lands*) proposto pelo IPCC (IPCC, 2003; 2006), segundo o qual todas as emissões e remoções ocorrendo nessas terras são consideradas como sendo de natureza antrópica. Por sua vez, as emissões e remoções em áreas não manejadas são consideradas como não antrópicas, exceto quando a área não manejada for convertida em outras categorias de uso da terra, conforme indicado no *Good Practice Guidance* (IPCC, 2003) e no *Guidelines* 2006 do IPCC (IPCC, 2006).

Para o Brasil, definiu-se como Área Manejada toda a área contida em Terras Indígenas – de acordo com informações fornecidas pela Fundação Nacional do Índio (FUNAI), cujos processos de demarcação estão minimamente na fase "Delimitada" – e em unidades de conservação estaduais e federais – de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), Lei nº 9985/2000, excetuando-se as Reservas Particulares de Preservação Natural (RPPN) devido à falta de informação consistente sobre as mesmas.

As estimativas das emissões antrópicas líquidas (emissões por fontes menos remoções por sumidouros) entre dois pontos no tempo são estimadas para todos os reservatórios de carbono: i) biomassa viva (acima e abaixo do solo); ii) matéria orgânica morta (serapilheira e madeira morta); e iii) o carbono orgânico do solo, seguindo o IPCC (2003; 2006).

Este inventário apresenta as emissões líquidas médias anuais para o período de 2002 a 2010 para todos os biomas brasileiros. Excepcionalmente para a Amazônia, as estimativas são apresentadas para o período de 2002 a 2005 e de 2005 a 2010, de forma a se avaliar o impacto da implementação do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal[5] (PPCDAm), criado em 2004.

5 *Amazônia Legal: área que engloba nove estados – Acre, Amazonas, Amapá, Maranhão, Mato Grosso, Rondônia, Pará, Roraima e Tocantins – com a área total de 5,02 milhões de km^2. Essa área inclui o bioma Amazônico (4,21 km^2) e parte do Cerrado e Pantanal.*

Os dados de atividade para este inventário foram na sua maior parte baseados na análise de imagens de satélite de resolução espacial adequada (TM-Landsat-5 com 30 metros e LISS-III/Resourcesat-1 com 23,5 metros). O mapeamento das categorias/subcategorias de uso da terra foi feito na escala 1:250.000 com unidade mínima de mapeamento igual a seis hectares. Os fatores de emissão basearam-se, sempre que possível, em dados gerados nos biomas brasileiros ou, na sua não disponibilidade, nos dados *default* do IPCC (IPCC, 2003; 2006). Esses dados, associados à proposta metodológica do IPCC, permitiram fazer estimativas de emissões e remoções dos períodos analisados, levando em consideração as particularidades dos respectivos biomas. Ressalta-se que informações mais detalhadas sobre os métodos, dados e resultados aqui apresentados são encontradas no Relatório de Referência "Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas".

A partir desses resultados foram ainda estimadas as emissões líquidas médias anuais para o período de 1994 a 2010, como descrito na seção 3.5.2.8.

Adicionalmente, as emissões de CO_2 por calagem – prática que consiste da aplicação de calcário para combater a acidez de solos agrícolas – são incluídas neste setor.

3.5.1. Metodologia

3.5.1.1. Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Floresta

A fim de assegurar a consistência das estimativas neste Terceiro Inventário, deu-se continuidade à identificação das áreas sob as diferentes categorias de uso e cobertura da terra aplicando a abordagem 3 (*Tier* 3) no *Good Practice Guidance* (IPCC, 2003), em que todas as categorias e mudanças ocorridas entre os inventários são espacialmente identificadas em todo o território nacional. Essa abordagem requer observações espacialmente explícitas das transições e, no caso do Brasil, envolveu tanto as áreas manejadas como as áreas não manejadas. No Apêndice I deste volume, consta o detalhamento metodológico para calcular as emissões por uso da terra, mudança do uso da terra e floresta.

3.5.1.2. Aplicação de calcário nos solos

As emissões provenientes da aplicação de calcário nos solos são calculadas com base nas quantidades de calcário comercializadas anualmente no Brasil, por estado, no período entre 1990 e 2010, fornecidas pela Associação Brasileira de Produtores de Calcário Agrícola (ABRACAL). Devido à falta de dados mais detalhados sobre a composição do calcário vendido no país, assumiu-se que ele é composto basicamente de carbonato de cálcio. As emissões correspondentes foram obtidas usando-se o fator de emissão de 0,44t CO_2/t $CaCO_3$.

3.5.2. Resultados

Este Terceiro Inventário apresenta atualizações de dados de atividade e fatores de emissão devido basicamente aos seguintes fatores: (1) nova abordagem metodológica (por exemplo, o conteúdo de carbono nas diferentes fitofisionomias da Amazônia); (2) dados atualizados (por exemplo, sobre florestas plantadas); (3) refinamento da classificação de uso/cobertura da terra. Assim sendo, as estimativas para o período de 1994 a 2002 foram recalculadas de forma a assegurar a consistência entre inventários. Cabe lembrar que o mapeamento para o ano 2002 utilizado no Segundo Inventário baseou-se em um mapeamento contratado pelo Ministério do Meio Ambiente (PROBIO I), e realizado por seis diferentes instituições, gerando algumas inconsistências quando comparado ao mapeamento de 2010. Desse modo, o mapa de uso e cobertura da terra para 2002 foi revisado em alguns pontos pela mesma equipe que gerou o mapeamento para 2010, assegurando maior consistência e acurácia na classificação de uso/cobertura da terra.

As estimativas das emissões antrópicas líquidas de CO_2 são apresentadas para cada um dos seis biomas brasileiros.

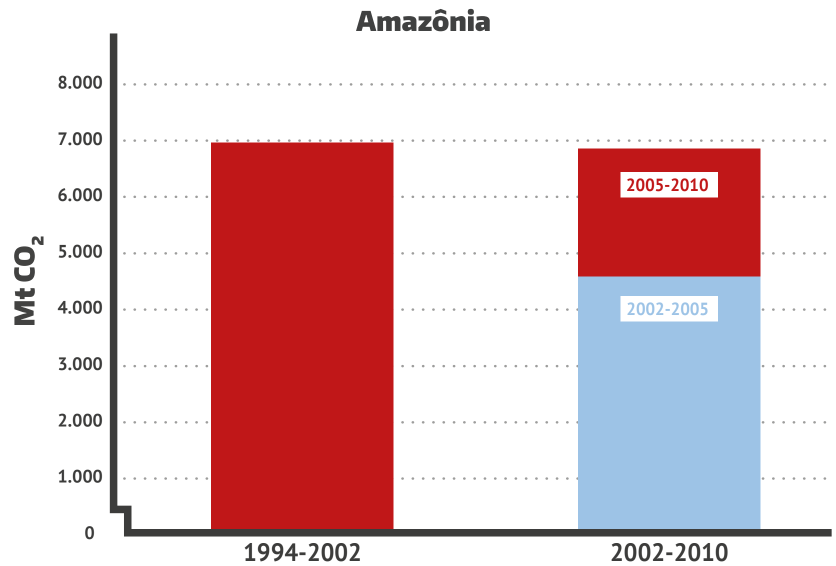
Nas tabelas a seguir são apresentadas as áreas de cada uma das transições de uso e cobertura da terra consideradas no período de 1994 a 2002 e de 2002 a 2010 e, em seguida, as emissões líquidas para cada transição. Excepcionalmente para a Amazônia, é também apresentado o ano de 2005, que foi analisado devido à redução das taxas de desmatamento reportada a partir desse ano. Cabe destacar que as áreas totais dos biomas apresentadas nos resultados não são exatamente iguais às áreas apresentadas na Tabela A1.1 (vide Apêndice I), o que se deve à correção de erros topológicos (sobreposições e vazios) dos planos de informações originais.

3.5.2.1. Bioma Amazônia

As Tabelas 3.81 (1994-2002), 3.83 (2002-2005) e 3.85 (2005-2010) apresentam as áreas estimadas para categorias/subcategorias de uso da terra que permaneceram sob a mesma categoria/subcategoria ou foram convertidas para outros usos entre os anos inicial e final do Inventário. As Tabelas 3.82, 3.84 e 3.86 apresentam as emissões líquidas de CO_2 calculadas com base nos dados das Tabelas 3.81, 3.83 e 3.85 e os fatores de emissão apresentados no Apêndice I.

Houve uma queda nas emissões devido à mudança de uso e cobertura da terra no bioma Amazônia ao longo dos períodos avaliados. As emissões antrópicas líquidas totalizaram 6.958.430,5 Gg CO_2 no período de 1994 a 2002. Por sua vez, no período de 2002 a 2005 as emissões foram de 4.594.652,8 Gg CO_2 e entre 2005 a 2010 de 2.262.372,2 Gg CO_2 (Figura 3.5).

FIGURA 3.5
Emissões antrópicas líquidas do bioma Amazônia nos períodos considerados

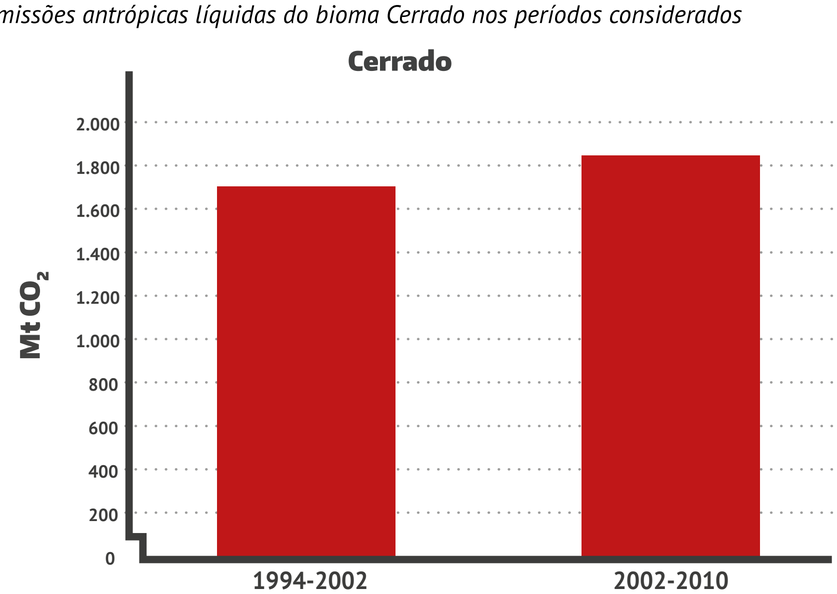


3.5.2.2. Bioma Cerrado

Nas Tabelas 3.87 e 3.89 apresentam-se as áreas estimadas de cada uma das transições de uso e cobertura da terra observadas entre 1994 e 2002 e entre 2002 e 2010 para o bioma Cerrado. Nas Tabelas 3.88 e 3.90, apresentam-se as emissões antrópicas líquidas de CO_2 correspondentes.

As emissões antrópicas líquidas de CO_2 relacionadas à mudança de uso e cobertura da terra no bioma Cerrado somaram 1.703.660,0 Gg CO_2 no período de 1994 a 2002, aumentando para 1.845.024,7 Gg CO_2 entre os anos de 2002 e 2010 (Figura 3.6).

FIGURA 3.6
Emissões antrópicas líquidas do bioma Cerrado nos períodos considerados

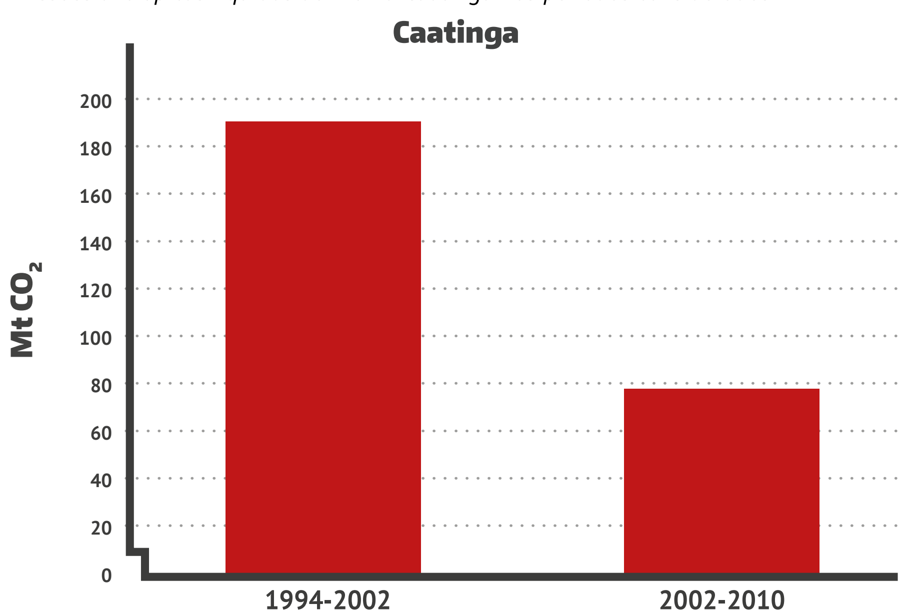


3.5.2.3. Bioma Caatinga

Nas Tabelas 3.91 e 3.93, apresentam-se a área estimada de cada uma das transições de uso e cobertura da terra observadas entre 1994 e 2002 e entre 2002 e 2010 para o bioma Caatinga. Nas Tabelas 3.92 e 3.94, apresentam-se as emissões antrópicas líquidas de CO_2 correspondentes, considerando tanto as emissões e remoções da vegetação como do solo.

As emissões antrópicas líquidas no bioma Caatinga totalizaram 190.190,9 Gg CO_2 no período de 1994 a 2002, reduzindo para 77.708,0 Gg CO_2 no período de 2002 a 2010 (Figura 3.7).

FIGURA 3.7
Emissões antrópicas líquidas do bioma Caatinga nos períodos considerados



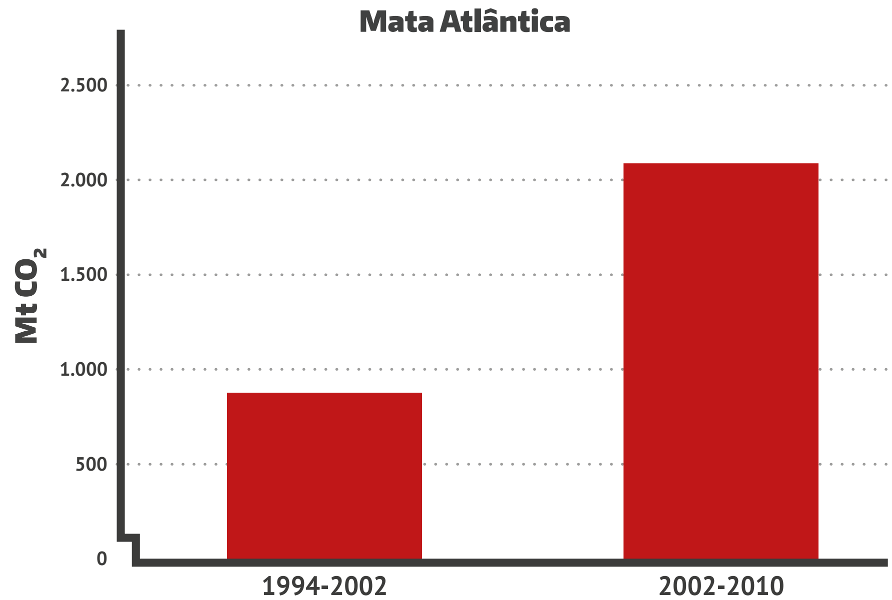
3.5.2.4. Bioma Mata Atlântica

Na Tabela 3.95 e na 3.97, apresentam-se as áreas estimadas de cada uma das transições de uso e cobertura da terra observadas entre 1994 e 2002 e entre 2002 e 2010 para o bioma Mata Atlântica. Nas Tabelas 3.96 e 3.98, apresentam-se as emissões antrópicas líquidas de CO_2 correspondentes, incluindo as emissões e as remoções da vegetação e do solo.

As emissões líquidas relacionadas à mudança de uso e cobertura da terra no bioma Mata Atlântica totalizaram 888.574,3 Gg CO_2 no período entre 1994 e 2002, aumentando para 2.090.380,7 Gg CO_2 entre 2002 e 2010 (Figura 3.8).

FIGURA 3.8

Emissões antrópicas líquidas do bioma Mata Atlântica nos períodos considerados



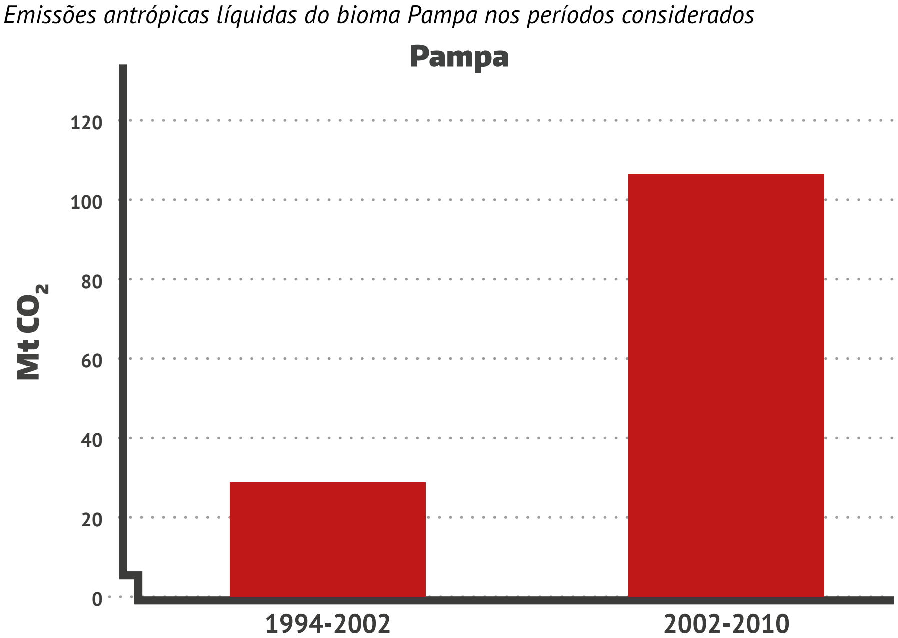
3.5.2.5. Bioma Pampa

Nas Tabelas 3.99 e 3.101, apresentam-se as áreas estimadas de cada uma das transições de uso e cobertura da terra observadas entre 1994 e 2002 e 2002 e 2010 para o bioma Pampa. Nas Tabelas 3.100 e 3.102, apresentam-se as emissões antrópicas líquidas de CO_2 correspondentes.

As emissões líquidas relacionadas à mudança de uso e cobertura da terra no bioma Pampa totalizaram 28.787,6 Gg CO_2 no período de 1994 a 2002, aumentando para 106.823,1 Gg CO_2 entre 2002 e 2010 (Figura 3.9).

FIGURA 3.9

Emissões antrópicas líquidas do bioma Pampa nos períodos considerados

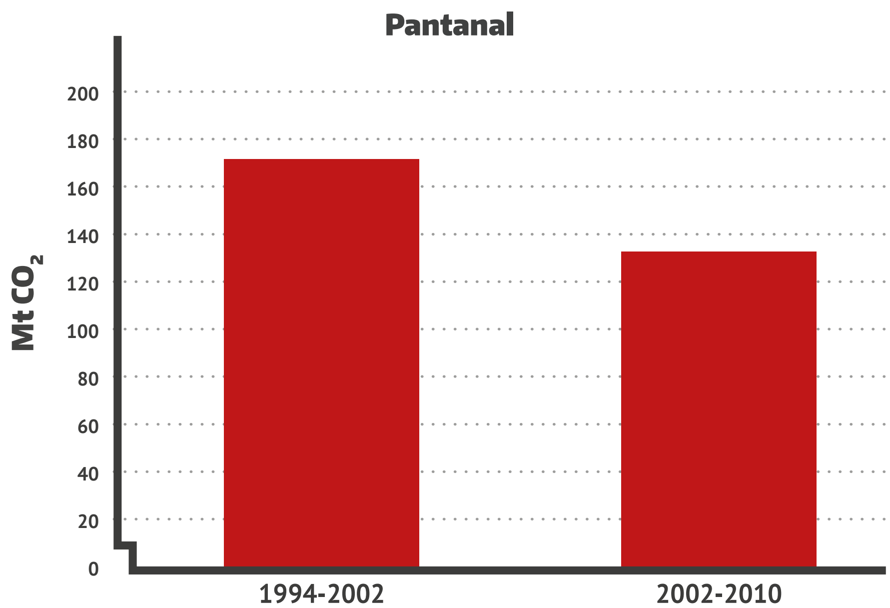


3.5.2.6. Pantanal

Nas Tabelas 3.103 e 3.105 apresenta-se a área estimada de cada uma das transições de uso e cobertura da terra observadas entre 1994 e 2002 e entre 2002 e 2010 para o bioma Pantanal. Nas Tabelas 3.104 e 3.106, apresentam-se as emissões antrópicas líquidas de CO_2 correspondentes.

As emissões líquidas de CO_2 relacionadas à mudança de uso e cobertura da terra no bioma Pantanal totalizaram 173.116,3 Gg CO_2 no período de 1994 a 2002, reduzindo para 133.913,3 Gg CO_2 entre os anos de 2002 a 2010 (Figura 3.10).

FIGURA 3.10
Emissões antrópicas líquidas do bioma Pantanal nos períodos considerados



3.5.2.7. Resultados consolidados

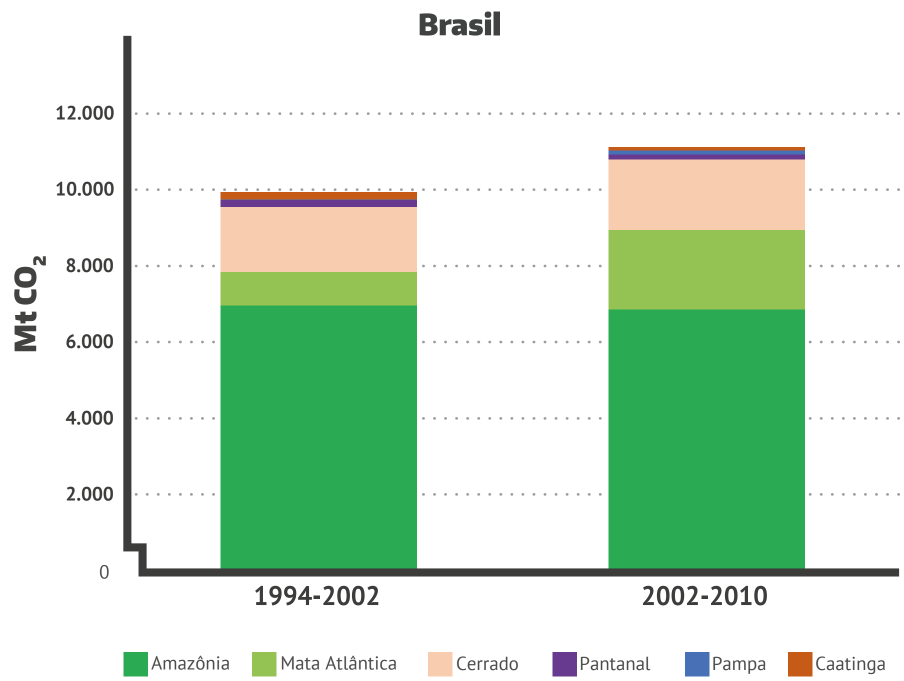
Na Tabela 3.107, apresenta-se a área estimada de cada uma das transições observadas entre 1994 e 2002 no país, referente à matriz apresentada no Segundo Inventário, porém com algumas correções. As estimativas das emissões antrópicas líquidas para o período de 1994 a 2002 são detalhadas na Tabela 3.108. Na Tabela 3.109 são apresentadas as áreas de cada uma das transições de uso e cobertura da terra para todos os biomas, notando-se que, para esse cálculo, a Amazônia foi considerada com apenas uma transição entre 2002 e 2010. As estimativas das emissões antrópicas líquidas entre 2002 e 2010 são detalhadas na Tabela 3.110, que não é totalmente compatível com a Tabela 3.109, uma vez que, nesta, a parte referente às transições do bioma Amazônia envolve a análise da situação intermediária de 2005.

Na Figura 3.11, apresentam-se as emissões antrópicas líquidas de CO_2 correspondentes aos períodos de 1994 a 2002 e de 2002 a 2010 para todo o Brasil. As emissões antrópicas líquidas de CO_2 relacionadas à mudança de uso

e cobertura da terra no Brasil totalizaram 9.942.759,6 Gg CO_2 de 1994 a 2002 e para o período de 2002 a 2010 somaram 11.110.874,8 Gg CO_2. Na Tabela 3.80, apresentam-se as emissões líquidas por bioma para esses períodos.

FIGURA 3.11

Emissões antrópicas líquidas de CO_2 relacionadas à mudança de uso e cobertura da terra no Brasil nos períodos considerados neste Inventário



OBS: As emissões antrópicas líquidas de CO_2 relacionadas à mudança de uso e cobertura da terra no Brasil no período de 2002 a 2010 compreendem a soma das emissões de 2002-2005 e 2005-2010 para a Amazônia e de 2002-2010 para os demais biomas, conforme valores na Tabela 3.80.

TABELA 3.80

Emissões antrópicas líquidas de CO_2 por bioma nos períodos considerados neste Inventário

BIOMA	Emissões líquidas (Gg CO_2)			
	1994 a 2002	2002 a 2010	2002 - 2005	2005 - 2010
Amazônia	6.958.430,5	➔	4.594.652,8	2.262.372,2
Cerrado	1.703.660,0	1.845.024,7	-	-
Mata Atlântica	888.574,3	2.090.380,7	-	-
Caatinga	190.190,9	77.708,0	-	-
Pampa	28.787,6	106.823,1	-	-
Pantanal	173.116,3	133.913,3	-	-
Brasil	**9.942.759,6**	**11.110.874,8**	←	

TABELA 3.81

Áreas das transições de uso e cobertura da terra identificadas no bioma Amazônia no período de 1994 a 2002 (em hectares)

MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE USO DA TERRA NA AMAZÔNIA - 1994-2002 (ha)								
	2002							
1994	FNM	FM	FSEC	REF	CS	GNM	GM	GSEC
FNM	216.613.348,8	39.369.988,0	798.320,7	28.645,9	235.584,8			
FM		92.803.469,4	34.268,6	0,1	23.704,6			
FSec			751.094,9	634,8				
Ref			57,7	295.454,3				
CS								
GNM				8.770,9		6.457.476,4	1.480.387,9	17.176,0
GM							2.695.998,4	218,2
GSec				104,4				8.383,2
Ap			1.639.036,8	22.442,2				7.938,9
Ac			13.560,9	0,1				64,5
S								
A	92,4	57,5						
Res			857,8					
O			795,3					
NO	27.608,7	54.620,5	24.757,0	290,1	321,1	37,9	354,7	3,3
Total 2002	**216.641.049,9**	**132.228.135,4**	**3.262.749,7**	**356.342,8**	**259.610,6**	**6.457.514,3**	**4.176.741,0**	**33.784,0**
% do Bioma	**51,5**	**31,4**	**0,8**	**0,1**	**0,1**	**1,5**	**1,0**	**0,0**

TABELA 3.82

Emissões líquidas de CO_2 no bioma Amazônia no período de 1994 a 2002 (em Gg)

MATRIZ DE EMISSÕES LÍQUIDAS DA AMAZÔNIA 1994-2002 (Gg CO_2)								
	2002							
1994	FNM	FM	FSEC	REF	CS	GNM	GM	GSEC
FNM		-248.293,4	437.773,1	15.433,3	27.194,6			
FM		-1.170.561,1	19.882,3	0,1	2.468,4			
FSec			-109.279,3	80,2				
Ref			2,7					
CS								
GNM				-1.068,1			-11.290,4	822,1
GM							-41.123,0	9,4
GSec				-15,7				-127,9
Ap			-24.715,4	-3.491,7				153,5
Ac			-815,5	0,0				0,4
S								
A								
Res								
O			-32,2					
NO								
Das situações de 2002		**-1.418.854,5**	**322.815,7**	**10.938,1**	**29.663,0**		**-52.413,4**	**857,6**

AP	AC	S	A	RES	O	NO	TOTAL 1994	% DO BIOMA
13.901.301,2	399.023,2	17.445,9	117,6	9.307,8	8.196,0	408,9	271.381.689,0	64,5
605.955,5	4.065,2	2.040,3		245,2	5.150,1	531,6	93.479.430,7	22,2
612.188,8	4.138,2	1.117,1	8,8	0,6	715,4		1.369.898,6	0,3
943,7	8,2	0,8			0,0		296.464,8	0,1
								-
236.513,5	9.908,6	5.623,7	24,3		5,7		8.215.886,9	2,0
6.832,6	142,1	51,5				6,0	2.703.248,7	0,6
8.690,9	0,0	47,9					17.226,4	0,0
26.517.358,5	101.130,1	62.596,7	296,0	404,8	1.226,0	1.531,2	28.353.961,2	6,7
58.815,5	556.189,5	339,3	1,6				628.971,5	0,1
		189.812,3					189.812,3	0,0
145,8	11,4		12.723.074,4	22.671,0			12.746.052,5	3,0
			14,4	596.680,5			597.552,7	0,1
10.351,7		5,1	417,1	0,0	45.016,4		56.585,6	0,0
711.347,7	266,0	3.605,7		96,6	1.802,7	16.005,3	841.117,3	0,2
42.670.445,4	1.074.882,7	282.686,3	12.723.954,3	629.406,6	62.112,4	18.483,0	420.877.898,3	
10,1	0,3	0,1	3,0	0,1	0,0	0,0		

AP	AC	S	A	RES	O	NO	DAS SITUAÇÕES DE 1994
7.381.720,2	160.142,2	12.270,3		6.431,0	5.028,9		7.797.700,1
349.506,9	2.115,5	1.353,8		170,5	3.246,9		-791.816,7
131.285,6	818,3	385,4		0,1	188,1		23.478,5
90,1	0,9	0,1			0,0		93,7
5.742,6	380,1	405,3			0,5		-5.007,9
127,8	6,1	3,5					-40.976,2
-25,9	0,0	1,9					-167,6
	1.791,8	3.684,0		24,0	75,6		-22.478,1
-944,5		16,9					-1.742,7
-620,4							-652,6
7.866.882,2	165.254,9	18.121,4		6.625,5	8.539,9		6.958.430,5

TABELA 3.83

Áreas das transições de uso e cobertura da terra identificadas no bioma Amazônia no período de 2002 a 2005 (em hectares)

MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE USO DA TERRA NA AMAZÔNIA - 2002-2005 (ha)									
		2005							
		FNM	FM	FSEC	REF	CS	GNM	GM	GSEC
2002	FNM	176.098.546,5	21.512.520,9	39.112,3	29.077,0	1.135.787,5			
	FM		123.129.397,6	1.465,9	278,6	46.548,1			
	FSec			2.862.684,7	648,8	230,4			
	Ref			28.861,1	173.398,6				16.202,3
	CS			173.148,3		36.157,7			
	GNM				9.819,6		5.676.463,1	277.153,7	66,6
	GM				0,0			3.915.039,7	104,7
	GSec								31.344,2
	Ap			2.965.927,3	42.552,1				90.842,3
	Ac			39.576,1	7.337,4				2.427,4
	S								
	A	176.099,1	103.582,2	262,6	2,3	17,0	2.576,9	3.241,3	0,8
	Res			1.009,2					
	O			12.909,2	1,1				2,9
	NO	872,2	9.877,7	510,0				5,7	
	Total 2005	**176.275.517,8**	**144.755.378,3**	**6.125.466,7**	**263.115,6**	**1.218.740,8**	**5.679.039,9**	**4.195.440,4**	**140.991,1**
	% do Bioma	**41,9**	**34,4**	**1,5**	**0,1**	**0,3**	**1,3**	**1,0**	**0,0**

TABELA 3.84

Emissões líquidas de CO_2 no bioma Amazônia no período de 2002 a 2005 (em Gg)

MATRIZ DE EMISSÕES LÍQUIDAS DA AMAZÔNIA 2002-2005 (Gg CO_2)									
		2005							
		FNM	FM	FSEC	REF	CS	GNM	GM	GSEC
2002	FNM		-50.877,1	25.854,3	11.449,0	185.805,6			
	FM		-582.402,1	975,3	198,6	8.037,7			
	FSec			-156.188,1	122,6	15,2			
	Ref			4.242,9					3.426,5
	CS			-972,5		-254,2			
	GNM				-141,0			-792,7	2,7
	GM				0,0			-22.394,0	5,5
	GSec								-179,3
	Ap			34.721,1	-1.937,7				2.237,6
	Ac			-255,3	-395,0				42,7
	S								
	A								
	Res								
	O			-208,9	-0,1				-0,0
	NO								
	Das situações de 2005		**-633.279,2**	**-91.831,2**	**9.296,4**	**193.604,2**		**-23.186,7**	**5.535,8**

	AP	AC	S	A	RES	O	NO	TOTAL 2002	% DO BIOMA
	8.049.257,0	708.242,3	4.707,7	191.226,1	3.125,7	15.018,6	8.854.428,4	216.641.049,9	51,5
	544.559,1	7.273,5	1.661,9	205.304,3	8.908,7	2.175,9	8.280.561,9	132.228.135,4	31,4
	358.979,7	11.621,0	1.191,7	3.024,4	615,2	202,4	23.551,4	3.262.749,7	0,8
	8.183,5	32.414,0	208,0	10,6		7,9	97.056,8	356.342,8	0,1
	25.037,1	23.926,1			0,1		1.341,3	259.610,6	0,1
	183.916,8	19.718,8	556,3	6.134,8	214,6	237,8	283.232,2	6.457.514,3	1,5
	21.084,3	4.024,8	79,1	2.122,4		1,5	234.284,4	4.176.741,0	1,0
	1.687,2	99,4		3,5			649,8	33.784,0	0,0
	36.853.444,7	1.366.461,6	64.197,9	32.359,9	8.948,3	17.228,0	1.228.483,3	42.670.445,4	10,1
	123.956,6	895.834,8	1.325,0	683,1	74,2		3.668,0	1.074.882,7	0,3
			281.887,1				799,2	282.686,3	0,1
	54.588,9	483,9	2.065,8	12.124.397,4	20.385,5	3.730,2	232.520,4	12.723.954,3	3,0
	1.136,1	2,8	45,1	5.536,8	621.427,0	34,7	214,9	629.406,6	0,1
	8.376,7	10,2	2,2	176,4	92,8	39.180,8	1.360,2	62.112,4	0,0
	456,2	11,0	390,8	8,3		6,6	6.344,5	18.483,0	0,0
	46.234.663,7	3.070.124,2	358.318,7	12.570.987,8	663.792,0	77.824,6	19.248.496,6	420.877.898,3	
	11,0	0,7	0,1	3,0	0,2	0,0	4,6		

	AP	AC	S	A	RES	O	NO	DAS SITUAÇÕES DE 2002
	4.378.696,0	288.786,6	2.938,6		1.582,4	9.411,9		4.853.647,3
	314.309,2	2.993,6	1.001,5		6.932,3	1.320,0		-246.633,8
	80.167,1	1.956,5	321,3		113,8	53,7		-73.437,8
	1.344,7	5.023,9	38,7			1,5		14.078,2
	6.364,4	7.121,4			0,0			12.259,1
	3.788,1	674,7	26,6		10,8	14,6		3.583,9
	520,3	35,6	5,2			0,1		-21.827,3
	-7,1	0,8						-185,6
		16.825,0	2.563,9		344,2	690,0		55.444,1
	-1.160,9		39,6		1,9			-1.727,0
	-338,9	-0,3						-548,2
	4.783.682,7	323.417,9	6.935,6		8.985,3	11.491,8		4.594.652,8

TABELA 3.85

Áreas das transições de uso e cobertura da terra identificadas no bioma Amazônia no período de 2005 a 2010 (em hectares)

MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE USO DA TERRA NA AMAZÔNIA - 2005-2010 (HA)									
		2010							
		FNM	FM	FSEC	REF	CS	GNM	GM	GSEC
2005	FNM	126.777.743,1	33.703.629,2	2.493,8	15.446,6	911.685,4			
	FM		136.015.684,2	1.377,7	88,3	74.489,2			
	FSec			4.136.114,4	10.967,2	13.727,6			
	Ref			8.702,7	191.479,3				2.318,1
	CS			956.142,7	150,9	167.526,2			
	GNM				5.280,5		4.223.184,1	659.739,3	
	GM				4,4			3.923.889,4	66,5
	GSec				1.050,9				92.661,3
	Ap			2.501.645,7	51.749,6				68.543,1
	Ac			94.590,1	23.804,2				8.416,5
	S								
	A	73.791,4	62.808,2	1.203,3	0,3	1,7	1.215,0	639,9	13,2
	Res			3.534,4					
	O			5.469,8	2,1				1,1
	NO	3.608.079,5	9.724.891,1	450.335,3	49.626,3	11.239,5	171.624,5	219.735,9	18.527,0
	Total 2010	130.459.613,9	179.507.012,8	8.161.610,1	349.650,5	1.178.669,6	4.396.023,6	4.804.004,5	190.546,9
	% do Bioma	31,0	42,7	1,9	0,1	0,3	1,0	1,1	0,0

TABELA 3.86

Emissões líquidas de CO_2 no bioma Amazônia no período de 2005 a 2010 (em Gg)

MATRIZ DE EMISSÕES LÍQUIDAS DA AMAZÔNIA 2005-2010 (Gg CO_2)									
		2010							
		FNM	FM	FSEC	REF	CS	GNM	GM	GSEC
2005	FNM		-132.848,5	1.376,4	7.589,5	140.264,4			
	FM		-1.072.257,0	739,6	58,7	12.293,4			
	FSec			-376.110,7	1.950,2	804,7			
	Ref			1.139,3					504,6
	CS			-8.132,6	55,8	-1.179,0			
	GNM				-318,9			-3.144,8	
	GM				-0,2			-37.407,7	3,0
	GSec				-106,8				-883,4
	Ap			2.493,0	-4.899,5				1.544,3
	Ac			-2.892,1	-2.584,7				114,5
	S								
	A								
	Res								
	O			-142,7	-0,3				0,0
	NO								
	Das situações de 2010		-1.205.105,4	-381.529,8	1.743,7	152.183,5		-40.552,5	1.283,0

AP	AC	S	A	RES	O	NO	TOTAL 2005	% DO BIOMA
150.834,2	5.137.169,9	4.182,2	152.886,3	5.222,9	8.216,4	9.406.007,9	176.275.517,8	41,9
1.935,8	474.344,3	1.175,0	114.849,0	337,3	4.755,0	8.066.342,5	144.755.378,3	34,4
68.676,2	1.651.515,4	2.056,4	7.460,9	599,2	2.590,1	231.759,4	6.125.466,7	1,5
4.589,7	4.527,3	6,4	0,9		30,3	51.460,8	263.115,6	0,1
6.158,0	61.226,7		58,4		439,5	27.038,2	1.218.740,8	0,3
2.952,6	123.101,0	299,5	73.442,4	19,0	291,3	590.730,3	5.679.039,9	1,3
200,3	9.867,0	63,6	37.641,3		0,8	223.707,0	4.195.440,4	1,0
617,3	34.862,0	3,8	70,7	0,3	4,7	11.720,2	140.991,1	0,0
614.976,3	41.356.677,9	20.376,8	22.497,6	1.412,2	4.805,3	1.591.979,3	46.234.663,7	11,0
2.531.507,1	378.473,8	1.125,4	160,0	43,2	97,5	31.906,2	3.070.124,2	0,7
		358.017,9				300,7	358.318,7	0,1
2.302,8	17.068,6	804,4	11.569.987,1	1.502,4	113,6	839.535,9	12.570.987,8	3,0
2,8	838,9	8,2	28.162,8	629.386,4	152,5	1.706,1	663.792,0	0,2
	3.329,7	345,5	39,7	169,3	66.140,4	2.327,1	77.824,6	0,0
40.025,8	688.422,6	4.074,3	174.936,1	555,1	2.564,1	4.083.859,6	19.248.496,6	4,6
3.424.779,0	49.941.425,1	392.539,3	12.182.193,2	639.247,1	90.201,5	25.160.381,4	420.877.898,3	
0,8	11,9	0,1	2,9	0,2	0,0	6,0		

AP	AC	S	A	RES	O	NO	DAS SITUAÇÕES DE 2005
2.931.806,9	66.600,9	2.764,7		2.709,2	5.765,6		3.026.028,9
280.167,0	915,1	666,8		228,7	2.950,5		-774.237,0
387.201,2	12.004,9	629,4		134,2	727,6		27.341,4
672,0	731,9	1,2			6,2		3.055,2
27.135,9	2.251,0				236,5		20.367,6
2.999,7	93,3	18,4		1,2	18,9		-332,1
280,7	7,4	2,3			0,1		-37.114,6
-115,2	2,6	0,1		0,0	0,2		-1.102,5
	8.465,7	976,3		66,0	234,3		8.880,2
-4.891,2		36,2		1,4	4,3		-10.211,7
-160,2							-303,2
3.625.096,7	91.072,7	5.095,5		3.140,6	9.944,2		2.262.372,2

TABELA 3.87

Áreas das transições de uso e cobertura da terra identificadas no bioma Cerrado no período de 1994 a 2002 (em hectares)

MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE USO DA TERRA NO CERRADO - 1994-2002 (ha)								
		2002						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
1994	FNM	70.642.384,5	4.551.742,0		38.516,9			
	FM		6.848.585,1		688,3			
	FSec							
	Ref			16.709,9	1.987.032,6			7.614,9
	GNM				14.791,8	32.198.920,5	4.653.399,3	
	GM				18,6		2.330.903,1	
	GSec							
	Ap			857.263,0	79.748,1			407.169,9
	Ac			55.084,3	17.617,3			36.496,1
	S							
	A	436,0	8,4		6,5	402,7	19,2	
	Res			826,7	0,5			186,7
	O			140,2				70,1
	NO	4.572,3			1.962,6	3.938,7		
	Total 2002	70.647.392,8	11.400.335,5	930.024,1	2.140.383,2	32.203.261,9	6.984.321,6	451.537,8
	% do Bioma	34,6	5,6	0,5	1,0	15,8	3,4	0,2

TABELA 3.88

Emissões líquidas de CO_2 no bioma Cerrado no período de 1994 a 2002 (em Gg)

MATRIZ DE EMISSÕES LÍQUIDAS DO CERRADO 1994-2002 (Gg CO_2)								
		2002						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
1994	FNM		-13.351,8		2.677,0			
	FM		-40.178,4		-12,9			
	FSec							
	Ref			1.647,8				883,5
	GNM				-1.446,1		-35.489,9	
	GM				-1,7		-35.554,0	
	GSec							
	Ap			-12.777,7	-12.541,5			7.906,2
	Ac			-2.991,6	-2.885,5			233,5
	S							
	A							
	Res							
	O			-4,8				-2,3
	NO							
	Das situações de 2002		-53.530,1	-14.126,2	-14.210,9		-71.044,0	9.020,9

AP	AC	S	A	RES	O	NO	TOTAL 1994	% DO BIOMA
6.524.547,5	1.551.325,4	71.350,7	1.842,2	2.023,1	2.782,5	24.473,2	83.410.988,0	40,9
55.062,9	6.493,9	4.828,1				20,7	6.915.679,1	3,4
							0,0	-
109.682,7	57.551,1	115,7			16,1	369,9	2.179.092,9	1,1
2.630.265,6	1.057.043,3	28.812,1	935,3	220,6	955,1	41.118,3	40.626.462,0	19,9
9.931,2	38.454,1	161,1			24,5	242,3	2.379.734,8	1,2
							0,0	-
41.221.789,3	1.171.306,1	103.222,0	1.441,5	1.696,4	734,3	106.325,4	43.950.696,0	21,6
1.427.951,3	21.112.273,3	50.255,3	1.482,9	471,4	117,5	9.202,5	22.710.951,7	11,1
		509.101,7					509.101,7	0,2
2.079,6	677,2		658.313,6	557,5		20,8	662.521,4	0,3
427,3	255,9	4,7	451,6	336.271,3			338.424,8	0,2
41,2	198,1	519,8	3,3		107.402,7		108.375,3	0,1
14.665,7	125.657,9	1.296,0				84,5	152.177,8	0,1
51.996.444,2	25.121.236,4	769.667,2	664.470,4	341.240,2	112.032,5	181.857,5	203.944.205,4	
25,5	12,3	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1		

AP	AC	S	A	RES	O	NO	DAS SITUAÇÕES DE 1994
1.250.177,1	300.107,4	18.175,7		643,3	1.027,5		1.559.456,3
13.819,6	1.115,8	1.834,1					-23.421,8
10.458,1	6.329,9	17,4			2,5		19.339,1
156.990,8	71.435,2	3.324,7		24,9	107,9		194.947,6
592,6	2.550,1	18,2			2,3		-32.392,5
	19.963,2	5.751,3		74,1	42,5		8.418,0
-19.306,4		2.255,8		19,4	5,6		-22.669,4
-1,8	-8,5						-17,3
1.412.730,1	401.493,2	31.377,1		761,7	1.188,2		1.703.660,0

TABELA 3.89

Áreas das transições de uso e cobertura da terra identificadas no bioma Cerrado no período de 2002 a 2010 (em hectares)

MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE USO DA TERRA NO CERRADO - 2002-2010 (ha)								
		2010						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
2002	FNM	60.125.463,6	1.156.125,0		177.833,0			
	FM		10.904.881,9		8.598,6			
	FSec			782.955,3	8.038,5			
	Ref			73.466,1	1.588.940,3			14.415,8
	GNM				112.596,1	27.266.009,9	894.201,8	
	GM				1.385,0		6.713.078,7	
	GSec				9.312,2			351.926,5
	Ap			2.670.463,8	594.836,7			1.170.186,3
	Ac			107.370,4	202.384,3			75.085,9
	S							
	A	21.889,0	10.271,2	174,4	43,7	12.858,6	5.310,6	189,1
	Res			751,2	16,3			494,3
	O			420,6	342,3			92,0
	NO	5.052,3		3.276,6	2.955,3	6.304,1	9,2	4.836,4
	Total2010	60.152.404,8	12.071.278,0	3.638.878,4	2.707.282,1	27.285.172,6	7.612.600,3	1.617.226,2
	% do Bioma	29,5	5,9	1,8	1,3	13,4	3,7	0,8

TABELA 3.90

Emissões líquidas de CO_2 no bioma Cerrado no período de 2002 a 2010 (em Gg)

MATRIZ DE EMISSÕES LÍQUIDAS DO CERRADO 2002-2010 (Gg CO_2)								
		2010						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
2002	FNM		-3.391,3		10.290,9			
	FM		-63.975,3		378,0			
	FSec			-39.502,7	-636,2			
	Ref			10.177,4				2.283,2
	GNM				-12.591,9		-6.819,8	
	GM				-146,9		-102.396,8	
	GSec				-1.511,7			-5.368,1
	Ap			-39.963,2	-101.049,0			22.657,8
	Ac			-5.870,6	-35.942,9			418,9
	S							
	A							
	Res							
	O			-16,9	-76,7			-3,0
	NO							
	Das situações de 2010		-67.366,6	-75.175,9	-141.286,5		-109.216,6	19.988,8

AP	AC	S	A	RES	O	NO	TOTAL 2002	% DO BIOMA
6.798.388,7	2.078.315,1	23.798,2	86.093,3	154.258,1	5.807,7	41.310,3	70.647.392,8	34,6
329.391,6	45.522,4	2.268,5	7.732,9	24.946,5	373,5	76.619,6	11.400.335,5	5,6
96.092,0	41.105,4	298,3	425,5	883,2	41,4	184,5	930.024,1	0,5
228.004,3	227.044,7	861,7	333,2	278,6	286,3	6.752,1	2.140.383,2	1,0
2.973.353,7	759.028,1	10.291,5	36.933,4	118.753,3	3.881,1	28.212,9	32.203.261,9	15,8
205.470,1	29.668,0	3.162,9	1.552,3	13.979,4	163,7	15.861,5	6.984.321,6	3,4
63.184,9	26.371,0	143,0	233,2	309,2	53,5	4,3	451.537,8	0,2
44.618.907,5	2.774.888,5	72.263,9	13.314,5	57.951,2	8.662,2	14.969,7	51.996.444,2	25,5
2.859.339,7	21.809.340,0	54.969,9	5.443,2	5.704,2	1.009,5	589,3	25.121.236,4	12,3
		769.667,2					769.667,2	0,4
9.046,7	1.321,2	227,2	536.807,5	65.644,0	196,2	491,1	664.470,4	0,3
6.721,2	356,2	34,4	6.646,3	326.220,1		0,1	341.240,2	0,2
2.162,3	3,3	271,9	25,2	93,1	108.621,9		112.032,5	0,1
145.940,4	12.195,6	1.180,1	83,9			23,5	181.857,5	0,1
58.336.003,2	27.805.159,6	939.438,8	695.624,4	769.020,9	129.097,0	185.018,9	203.944.205,4	
28,6	13,6	0,5	0,3	0,4	0,1	0,1		

AP	AC	S	A	RES	O	NO	DAS SITUAÇÕES DE 2002
1.322.750,9	424.891,8	5.854,0		36.096,5	1.338,0		1.797.830,7
59.941,7	7.909,7	478,7		4.482,3	73,6		9.288,7
6.975,5	3.788,6	39,5		111,8	8,1		-29.215,4
31.615,3	34.928,1	170,0		54,8	54,5		79.283,3
175.453,8	53.483,2	1.180,7		12.253,9	405,0		223.364,8
12.171,4	2.275,0	380,9		1.802,8	19,8		-85.893,9
638,3	617,3	8,7		21,4	3,0		-5.591,0
	47.358,3	4.034,6		2.996,3	491,0		-63.474,3
-41.673,7		2.442,2		228,8	48,1		-80.349,2
-122,4	-0,1						-219,1
1.567.750,8	575.251,7	14.589,2		58.048,6	2.441,3		1.845.024,7

TABELA 3.91

Áreas das transições de uso e cobertura da terra identificadas no bioma Caatinga no período de 1994 a 2002 (em hectares)

MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE USO DA TERRA NA CAATINGA - 1994-2002 (ha)								
		2002						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
1994	FNM	46.557.448,0	3.327.990,8		2.102,7			
	FM		557.272,2					
	FSec							
	Ref			223,2	94.538,9			261,1
	GNM				9,2	1.324.856,0	35.357,7	
	GM						137.323,8	
	GSec							
	Ap			647.082,8	3.503,7			15.899,4
	Ac			146.898,7	0,4			2.838,0
	S							
	A	892,3	3,0			498,9		
	Res			185,9				636,9
	O			245,1				
	NO	300.661,2	2.449,6		0,5	606,3		
	Total 2002	46.859.001,5	3.887.715,7	794.635,7	100.155,3	1.325.961,2	172.681,5	19.635,4
	% do Bioma	56,6	4,7	1,0	0,1	1,6	0,2	0,0

TABELA 3.92

Emissões líquidas de CO_2 no bioma Caatinga no período de 1994 a 2002 (em Gg)

MATRIZ DE EMISSÕES LÍQUIDAS NA CAATINGA 1994-2002 (Gg CO_2)								
		2002						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
1994	FNM		-4.881,1		-235,0			
	FM		-1.634,7					
	FSec							
	Ref			25,8				30,1
	GNM				-1,1		-269,7	
	GM						-2.094,6	
	GSec							
	Ap			-17.712,1	-607,5			109,3
	Ac			-8.007,8	-0,1			19,0
	S							
	A							
	Res							
	O			-8,0				
	NO							
	Das situações de 2002		-6.515,7	-25.702,1	-843,6		-2.364,3	158,4

AP	AC	S	A	RES	O	NO	TOTAL 1994	% DO BIOMA
3.101.858,1	299.205,8	5.173,5	1.625,5	7.266,5	3.854,4	143.817,3	53.450.342,6	64,6
18.795,0	187,5	0,0				2.912,1	579.166,9	0,7
							0,0	-
1.508,0							96.531,2	0,1
76.262,1	12.683,5	100,9	1,5	767,6	35,5	1.157,0	1.451.231,1	1,8
6.243,6						570,2	144.137,6	0,2
							0,0	-
19.853.803,1	41.119,8	9.040,1	1.002,1	800,7	1.586,9	108.741,9	20.682.580,4	25,0
32.909,6	4.280.154,4	1.374,0	4,3	115,8	861,3	84.210,5	4.549.366,8	5,5
		232.353,4				34,7	232.388,2	0,3
28,3	56,3		161.286,3	5,9	43,6	96,7	162.911,2	0,2
36,0			48,5	493.730,0		96,5	494.733,9	0,6
844,3	1.019,4		0,4		112.438,3		114.547,5	0,1
376.517,4	99.711,9	168,1	223,7	888,4	130,9	57.309,3	838.667,2	1,0
23.468.805,3	**4.734.138,7**	**248.210,0**	**164.192,1**	**503.574,9**	**118.950,9**	**398.946,3**	**82.796.604,5**	
28,3	**5,7**	**0,3**	**0,2**	**0,6**	**0,1**	**0,5**		

AP	AC	S	A	RES	O	NO	DAS SITUAÇÕES DE 1994
198.375,4	19.546,4	557,3		1.097,8	616,9		215.077,7
1.438,2	25,7	0,0					-170,7
167,0							222,8
2.292,3	599,1	5,6		41,7	2,0		2.669,9
285,6							-1.809,0
	7,0	306,5		17,7	67,5		-17.811,7
-8,4		43,5		2,8	27,0		-7.924,0
-27,3	-28,9						-64,2
202.522,8	**20.149,2**	**912,9**		**1.159,9**	**713,3**		**190.190,9**

TABELA 3.93

Áreas das transições de uso e cobertura da terra identificadas no bioma Caatinga no período de 2002 a 2010 (em hectares)

MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE USO DA TERRA NA CAATINGA - 2002-2010 (ha)								
		2010						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
2002	FNM	39.541.113,7	916.623,0		8.891,7			
	FM		3.549.361,7					
	FSec			670.333,6	241,8			
	Ref			5.270,1	68.833,5			982,2
	GNM				1.276,2	1.176.543,8	22.954,7	
	GM						136.284,4	
	GSec				261,5			13.244,7
	Ap			5.498.797,6	6.297,4			105.087,1
	Ac			591.407,9	973,6			19.190,3
	S							
	A	7.210,2	809,2	34,0	9,0	102,7		2,7
	Res			14.717,9				140,1
	O			5.490,6				
	NO	35.295,0	1.840,0	51.905,9	409,6	117,9		405,5
	Total 2010	**39.583.618,9**	**4.468.633,9**	**6.837.957,7**	**87.194,3**	**1.176.764,4**	**159.239,1**	**139.052,8**
	% do Bioma	**47,8**	**5,4**	**8,3**	**0,1**	**1,4**	**0,2**	**0,2**

TABELA 3.94

Emissões líquidas de CO_2 no bioma Caatinga no período de 2002 a 2010 (em Gg)

MATRIZ DE EMISSÕES LÍQUIDAS NA CAATINGA 2002-2010 (Gg CO_2)								
		2010						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
2002	FNM		-1.344,4		-5.880,0			
	FM		-10.411,5					
	FSec			-11.797,9	-174,0			
	Ref			829,0				152,0
	GNM				-875,8		-175,1	
	GM						-2.078,8	
	GSec				-186,9			-202,0
	Ap			-150.422,1	-4.604,6			708,5
	Ac			-32.247,2	-700,0			149,9
	S							
	A							
	Res							
	O			-164,1				
	NO							
	Das situações de 2010		**-11.755,8**	**-193.802,3**	**-12.421,4**		**-2.253,9**	**808,4**

AP	AC	S	A	RES	O	NO	TOTAL 2002	% DO BIOMA
2.822.718,1	623.748,4	12.925,9	44.000,5	145.799,9	42.255,7	2.700.924,8	46.859.001,5	56,6
94.891,1	44.335,7	896,1	2.959,6	1.801,1	1.818,3	191.652,1	3.887.715,7	4,7
71.653,2	22.972,9	702,9	1.216,8	1.051,9	123,4	26.339,2	794.635,7	1,0
4.653,7	3.178,1	0,5	23,4			17.213,8	100.155,3	0,1
32.537,6	29.980,1	552,0	2.969,7	19.353,9	1.432,1	38.361,2	1.325.961,2	1,6
572,9	2,6		5,7			35.815,9	172.681,5	0,2
4.395,4	973,8			649,5		110,4	19.635,4	0,0
13.852.972,8	500.692,5	42.463,9	27.285,3	76.740,5	5.230,9	3.353.237,3	23.468.805,3	28,3
89.006,1	3.678.061,8	15.832,6	4.739,3	14.371,0	4.954,8	315.601,3	4.734.138,7	5,7
		246.085,4				2.124,6	248.210,0	0,3
4.681,0	1.695,9	148,2	123.789,5	5.950,2	3.857,5	15.901,9	164.192,1	0,2
2.684,5	1.570,5	12,0	3.776,8	472.912,9	1.605,4	6.154,7	503.574,9	0,6
1.647,6	1.783,6	141,3	202,3	1.746,9	106.183,2	1.755,3	118.950,9	0,1
116.722,7	38.393,3	866,8	1.083,4	592,5		151.313,6	398.946,3	0,5
17.099.136,9	**4.947.389,1**	**320.627,6**	**212.052,2**	**740.970,4**	**167.461,3**	**6.856.505,8**	**82.796.604,5**	
20,7	**6,0**	**0,4**	**0,3**	**0,9**	**0,2**	**8,3**		

AP	AC	S	A	RES	O	NO	DAS SITUAÇÕES DE 2002
193.654,0	39.510,7	1.989,0		15.863,2	18.965,6		262.758,1
10.616,2	3.212,0	125,2		134,8	771,2		4.448,0
1.934,6	452,0	53,2		44,3	14,4		-9.473,4
698,4	482,2	0,1					2.161,6
925,6	1.357,2	30,9		1.028,4	77,4		2.368,6
27,1	0,1						-2.051,6
9,8	3,2			20,4			-355,5
	78,7	1.400,8		2.388,7	236,2		-150.213,8
-42,2		538,3		442,1	181,2		-31.678,0
-36,4	-55,5						-256,1
207.787,0	**45.040,7**	**4.137,4**		**19.921,9**	**20.246,0**		**77.708,0**

TABELA 3.95

Áreas das transições de uso e cobertura da terra identificadas no bioma Mata Atlântica de 1994 a 2002 (em hectares)

MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE USO DA TERRA NA MATA ATLÂNTICA - 1994-2002 (ha)								
		2002						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
1994	FNM	24.089.624,5	1.564.269,9		69.578,1			
	FM		3.827.963,1		2.970,8			
	FSec							
	Ref			67.412,4	2.652.245,6			3.041,2
	GNM				14.479,6	3.091.758,8	82.370,1	
	GM				289,7		147.781,5	
	GSec							
	Ap			421.838,1	69.690,3			28.781,8
	Ac			283.548,5	23.859,0			14.246,0
	S							
	A	456,5	91,6		13,4	7,6		
	Res			8.770,9				79,6
	O			72,7	9,1			
	NO	152.342,6	3.627,6		7.626,7	6.071,1	5,2	
	Total 2002	**24.242.423,6**	**5.395.952,2**	**781.642,6**	**2.840.762,3**	**3.097.837,5**	**230.156,8**	**46.148,6**
	% do Bioma	**21,7**	**4,8**	**0,7**	**2,5**	**2,8**	**0,2**	**0,0**

TABELA 3.96

Emissões líquidas de CO_2 no bioma Mata Atlântica no período de 1994 a 2002 (em Gg)

MATRIZ DE EMISSÕES LÍQUIDAS DA MATA ATLÂNTICA 1994-2002 (Gg CO_2)								
		2002						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
1994	FNM		-7.341,6		24.686,0			
	FM		-35.931,8		980,2			
	FSec							
	Ref			2.779,1				349,6
	GNM				-1.638,3		-628,2	
	GM				-26,3		-2.254,2	
	GSec							
	Ap			-6.381,3	-10.743,0			555,1
	Ac			-18.839,6	-3.645,9			35,2
	S							
	A							
	Res							
	O			-2,8	-2,0			
	NO							
	Das situações de 2002		**-43.273,5**	**-22.444,7**	**9.610,6**		**-2.882,4**	**940,0**

AP	AC	S	A	RES	O	NO	TOTAL 1994	% DO BIOMA
1.739.931,7	214.318,0	102.746,4	355,9	132.318,7	1.260,4	322.924,1	28.237.327,7	25,3
76.734,8	2.261,7	12.526,0	19,1	267,0	55,6	4.002,8	3.926.801,0	3,5
							0,0	-
29.886,5	2.181,3	880,9		36,2	3,9	12.952,8	2.768.640,8	2,5
355.017,4	54.302,2	3.291,0	16,2	6.461,9	307,9	10.249,7	3.618.254,7	3,2
633,7	70,1	398,9					149.173,9	0,1
							0,0	-
46.459.350,4	1.529.971,9	174.398,4	902,9	2.302,7	638,4	377.131,1	49.065.005,9	44,0
1.081.354,0	19.038.989,1	61.739,8	1.357,0	754,4	43,8	217.755,6	20.723.647,2	18,6
		1.314.540,7					1.314.540,7	1,2
290,7	1.873,2	33,1	515.797,9	193,7	20,3	30,7	518.808,8	0,5
377,6	398,9			419.071,5		539,8	429.238,3	0,4
478,3	82,9	842,0	59,9		13.715,9		15.260,8	0,0
244.089,8	280.870,6	31.835,5	23,3	12.717,5	105,6	49.871,7	789.187,2	0,7
49.988.145,0	21.125.319,9	1.703.232,7	518.532,3	574.123,6	16.151,8	995.458,1	111.555.887,1	
44,8	18,9	1,5	0,5	0,5	0,0	0,9		

AP	AC	S	A	RES	O	NO	DAS SITUAÇÕES DE 1994
677.754,6	83.209,8	51.957,1		53.111,4	305,1		883.682,3
30.877,4	1.062,9	5.597,5		110,3	38,2		2.734,6
2.865,9	243,7	136,3		5,5	0,6		6.380,7
14.201,2	3.187,4	318,1		610,0	29,9		16.080,0
25,9	4,3	37,5					-2.212,9
	27.995,4	10.434,0		109,9	40,5		22.010,5
-20.544,2		2.903,4		23,7	2,0		-40.065,3
-27,4	-3,5						-35,7
705.153,4	115.699,9	71.384,0		53.970,7	416,2		888.574,3

TABELA 3.97

Áreas das transições de uso e cobertura da terra identificadas no bioma Mata Atlântica de 2002 a 2010 (em hectares)

MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE USO DA TERRA NA MATA ATLÂNTICA - 2002-2010 (ha)								
		2010						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
2002	FNM	17.637.695,8	442.297,5		657.903,9			
	FM		4.536.928,6		85.766,1			
	FSec			663.029,6	31.385,5			
	Ref			318.124,5	1.987.178,8			15.262,9
	GNM				142.662,0	2.247.624,4	48.822,8	
	GM				13.031,1		188.536,6	
	GSec				4.427,2			35.353,2
	Ap			3.678.084,9	1.203.947,7			235.653,9
	Ac			649.397,4	207.300,6			63.169,2
	S							
	A	19.819,6	10.725,1	238,8	523,3	839,7		4,3
	Res			2.347,2	88,0			67,8
	O			165,1	2,1			10,9
	NO	210.784,6	4.647,1	233.107,8	27.577,3	10.366,9		10.240,3
	Total 2010	**17.868.300,0**	**4.994.598,3**	**5.544.495,3**	**4.361.793,8**	**2.258.831,0**	**237.359,4**	**359.762,6**
	% do Bioma	**16,0**	**4,5**	**5,0**	**3,9**	**2,0**	**0,2**	**0,3**

TABELA 3.98

Emissões líquidas de CO_2 no bioma Mata Atlântica no período de 2002 a 2010 (em Gg)

MATRIZ DE EMISSÕES LÍQUIDAS DA MATA ATLÂNTICA 2002-2010 (Gg CO_2)								
		2010						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
2002	FNM		-2.075,8		226.401,9			
	FM		-42.586,6		32.040,8			
	FSec			-104.051,4	1.962,7			
	Ref			38.372,0				2.758,8
	GNM				-15.919,8		-372,4	
	GM				-1.484,9		-2.875,8	
	GSec				-713,0			-539,3
	Ap			-55.551,8	-187.058,6			4.563,4
	Ac			-40.162,3	-33.785,0			64,1
	S							
	A							
	Res							
	O			-5,7	-0,5			-0,4
	NO							
	Das situações de 2010		**-44.662,5**	**-161.399,2**	**21.443,5**		**-3.248,2**	**6.846,6**

AP	AC	S	A	RES	O	NO	TOTAL 2002	% DO BIOMA
2.469.071,5	1.104.576,4	51.192,2	135.978,4	510.265,7	8.079,1	1.225.362,9	24.242.423,6	21,7
327.834,6	55.853,9	13.835,5	28.361,5	43.739,9	9.614,0	294.018,2	5.395.952,2	4,8
55.907,3	14.196,0	1.227,7	2.334,4	9.380,0	164,2	4.017,9	781.642,6	0,7
283.913,3	141.643,7	3.908,2	2.526,0	446,1	991,0	86.767,7	2.840.762,3	2,5
357.809,8	257.956,2	3.078,5	4.392,5	7.937,6	5.961,1	21.592,5	3.097.837,5	2,8
10.340,1	12.812,5	1.063,9	454,0	156,8	3.468,5	293,2	230.156,8	0,2
4.439,7	1.266,8	40,6	527,1	45,4		48,6	46.148,6	0,0
34.439.259,4	7.633.441,8	244.160,8	44.593,1	33.965,7	19.147,5	2.455.890,0	49.988.145,0	44,8
1.859.769,1	18.034.845,6	86.876,9	30.369,0	10.700,0	3.355,4	179.536,6	21.125.319,9	18,9
		1.699.864,8				3.368,0	1.703.232,7	1,5
8.948,5	7.724,5	1.807,0	441.546,4	13.468,9	396,6	12.489,5	518.532,3	0,5
5.931,0	4.337,8	171,0	13.434,4	544.600,1	103,3	3.043,1	574.123,6	0,5
363,1	23,1	993,6	754,8	13,4	13.465,4	360,2	16.151,8	0,0
145.516,3	187.540,6	3.755,9	655,9	725,1	308,0	160.232,4	995.458,1	0,9
39.969.103,7	**27.456.219,0**	**2.111.976,5**	**705.927,7**	**1.175.444,8**	**65.054,2**	**4.447.020,7**	**111.555.887,1**	
35,8	**24,6**	**1,9**	**0,6**	**1,1**	**0,1**	**4,0**		

AP	AC	S	A	RES	O	NO	DAS SITUAÇÕES DE 2002
1.014.534,0	507.731,2	27.307,0		226.004,0	3.939,6		2.003.841,9
163.634,9	25.961,2	7.739,0		27.657,9	4.422,3		218.869,5
9.278,5	2.773,5	343,4		2.029,7	43,3		-87.620,5
46.488,6	29.291,6	842,3		100,0	199,2		118.052,5
13.308,6	14.626,5	283,9		662,2	586,0		13.175,0
400,1	752,2	100,9		14,9	328,3		-2.764,3
11,0	26,9	2,4		1,6			-1.210,4
	146.274,6	15.937,0		1.769,5	1.262,2		-72.803,7
-29.930,3		4.061,6		460,3	159,8		-99.131,8
-20,4	-0,4						-27,4
1.217.705,0	**727.437,1**	**56.617,4**		**258.700,2**	**10.940,7**		**2.090.380,7**

TABELA 3.99

Áreas das transições de uso e cobertura da terra identificadas no bioma Pampa no período de 1994 a 2002 (em hectares)

MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE USO DA TERRA NO PAMPA - 1994-2002 (ha)								
		2002						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
1994	FNM	2.711.516,5	8.714,4		9.193,4			
	FM		29.328,7					
	FSec							
	Ref			32,3	237.139,2			280,4
	GNM				7.491,3	3.961.625,9	13.335,2	
	GM						319.731,9	
	GSec							
	Ap			66.604,7	1.522,2			130.486,3
	Ac			1.703,3	945,2			32.666,6
	S							
	A	20,2	0,1			323,6		
	Res				341,7			19,8
	O			83,4	1.032,6			150,2
	NO	95,8						
	Total 2002	**2.711.632,5**	**38.043,2**	**68.423,7**	**257.665,5**	**3.961.949,5**	**333.067,1**	**163.603,3**
	% do Bioma	**15,2**	**0,2**	**0,4**	**1,4**	**22,2**	**1,9**	**0,9**

TABELA 3.100

Emissões líquidas de CO_2 no bioma Pampa no período de 1994 a 2002 (em Gg)

MATRIZ DE EMISSÕES LÍQUIDAS DO PAMPA 1994-2002 (Gg CO_2)								
		2002						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
1994	FNM		-40,9		412,5			
	FM		-275,3					
	FSec							
	Ref			3,1				31,4
	GNM				-1.110,6		-101,7	
	GM						-4.877,0	
	GSec							
	Ap			-1.298,0	-235,5			1.883,5
	Ac			-100,7	-162,8			-111,4
	S							
	A							
	Res							
	O			-4,8	-195,8			-5,2
	NO							
	Das situações de 2002		**-316,2**	**-1.400,4**	**-1.292,2**		**-4.978,7**	**1.798,2**

AP	AC	S	A	RES	O	NO	TOTAL 1994	% DO BIOMA
41.351,2	34.031,9	313,0	5.644,9	663,4	3,5	10.572,9	2.822.005,2	15,8
59,8	28,1		130,2				29.546,9	0,2
							0,0	-
658,4	103,5	12,6				198,1	238.424,5	1,3
87.175,8	306.034,4	3.963,3	21.277,3	3.090,2	9,0	1.740,4	4.405.742,8	24,6
994,5	707,0		38,3				321.471,7	1,8
							0,0	-
4.292.012,8	149.519,8	5.649,2	6.365,0	395,5	45,6	13.846,1	4.666.447,2	26,1
77.486,8	3.056.245,4	585,7	57.670,1	35,0	6,8	5.356,4	3.232.701,2	18,1
		116.448,5					116.448,5	0,7
169,3	4.173,1	88,7	1.855.055,6	90,6			1.859.921,2	10,4
89,3	10,6		362,3	54.125,5			54.949,1	0,3
246,5	54,4	5,2			133.272,8		134.845,1	0,8
15,5	43,4						154,7	0,0
4.500.259,9	3.550.951,6	127.066,2	1.946.543,7	58.400,2	133.337,7	31.713,9	17.882.658,0	
25,2	19,9	0,7	10,9	0,3	0,7	0,2		

AP	AC	S	A	RES	O	NO	DAS SITUAÇÕES DE 1994
9.205,8	8.706,5	136,8		141,3	1,4		18.563,4
22,1	8,8						-244,3
65,4	11,9	2,0					113,8
1.961,6	12.455,9	292,3		270,7	0,7		13.769,0
24,2	27,2						-4.825,5
	2.528,9	315,2		24,0	2,4		3.220,4
-1.238,0		25,0		1,5	0,1		-1.586,2
-16,1	-1,0						-222,9
10.025,1	23.738,3	771,4		437,5	4,6		28.787,6

TABELA 3.101

Áreas das transições de uso e cobertura da terra identificadas no bioma Pampa no período de 2002 a 2010 (em hectares)

MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE USO DA TERRA NO PAMPA - 2002-2010 (ha)								
		2010						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
2002	FNM	2.101.531,8			135.007,2			
	FM		36.024,6		67,4			
	FSec			32.258,9	2.214,1			
	Ref			365,4	236.843,1			589,4
	GNM				60.257,4	2.734.365,3	276,9	
	GM				2.381,0		290.362,6	
	GSec				1.574,1			110.876,9
	Ap			26.150,1	251.754,5			49.669,5
	Ac			5.148,5	11.571,6			26.191,0
	S							
	A	29.833,0	2.331,7	1.088,3	721,3	121.922,4	25.894,8	7.494,2
	Res			31,2	7,3			521,5
	O			3,5	5.622,1			1,3
	NO	10.236,1		6.860,0	768,3	942,6		395,9
	Total 2010	**2.141.600,8**	**38.356,3**	**71.906,0**	**708.789,6**	**2.857.230,3**	**316.534,3**	**195.739,7**
	% do Bioma	**12,0**	**0,2**	**0,4**	**4,0**	**16,0**	**1,8**	**1,1**

TABELA 3.102

Emissões líquidas de CO_2 no bioma Pampa no período de 2002 a 2010 (em Gg)

MATRIZ DE EMISSÕES LÍQUIDAS DO PAMPA 2002-2010 (Gg CO_2)								
		2010						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
2002	FNM				7.640,4			
	FM		-338,2		12,3			
	FSec			-1.665,4	-143,1			
	Ref			56,2				100,7
	GNM				-8.910,8		-2,1	
	GM				-323,5		-4.429,0	
	GSec				-259,6			-1.691,2
	Ap			-511,0	-39.998,8			720,5
	Ac			-317,3	-2.039,0			-64,2
	S							
	A							
	Res							
	O			-0,2	-1.099,7			0,0
	NO							
	Das situações de 2010		**-338,2**	**-2.437,6**	**-45.121,8**		**-4.431,1**	**-934,2**

AP	AC	S	A	RES	O	NO	TOTAL 2002	% DO BIOMA
386.182,9	76.105,0	1.336,7	8.229,0	638,0	822,2	1.779,7	2.711.632,5	15,2
1.287,1	431,4	9,7	85,4			137,6	38.043,2	0,2
20.706,0	12.708,5	99,9	67,7	114,2		254,4	68.423,7	0,4
15.489,3	2.139,7	227,6	119,7	192,5	209,2	1.489,5	257.665,5	1,4
514.059,6	593.453,2	5.119,0	48.829,9	3.762,7	176,0	1.649,5	3.961.949,5	22,2
33.874,4	4.924,2	4,1	1.143,3	5,0		372,5	333.067,1	1,9
31.673,7	18.042,0	69,4	1.110,5	198,3		58,5	163.603,3	0,9
3.287.775,7	856.897,1	7.754,8	13.059,6	2.575,0	1.493,8	3.129,8	4.500.259,9	25,2
291.011,3	3.200.340,5	643,3	14.337,3	1.266,9		441,0	3.550.951,6	19,9
		127.066,2					127.066,2	0,7
33.205,8	105.054,2	425,7	1.607.626,2	2.995,0	6.918,8	1.032,3	1.946.543,7	10,9
247,4	361,4		4.263,9	52.967,5			58.400,2	0,3
504,0	840,4	819,2	43,7	153,7	125.349,9		133.337,7	0,7
7.086,7	5.063,1	94,5	266,6				31.713,9	0,2
4.623.104,0	**4.876.360,7**	**143.670,2**	**1.699.182,8**	**64.868,8**	**134.969,8**	**10.344,8**	**17.882.658,0**	
25,9	**27,3**	**0,8**	**9,5**	**0,4**	**0,8**	**0,1**		

AP	AC	S	A	RES	O	NO	DAS SITUAÇÕES DE 2002
83.363,8	22.238,8	570,4		193,7	210,8		114.218,0
500,2	145,8	4,6					324,7
2.132,5	1.777,5	19,8		22,1			2.143,4
2.441,9	376,0	47,5		42,1	46,7		3.111,2
9.128,9	24.000,3	369,4		295,5	12,7		24.894,0
814,2	212,8	0,3		0,4			-3.724,8
-83,5	255,1	3,9		10,2			-1.765,1
	15.335,2	432,1		142,1	53,0		-23.826,9
-5.071,5		23,6		51,8			-7.416,6
-19,2	-15,9						-1.135,0
93.207,4	**64.325,6**	**1.471,7**		**757,9**	**323,3**		**106.823,1**

TABELA 3.103

Áreas das transições de uso e cobertura da terra identificadas no bioma Pantanal no período de 1994 a 2002 (em hectares)

MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE USO DA TERRA NO PANTANAL - 1994-2002 (ha)								
		2002						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
1994	FNM	8.840.749,8	140.021,8		3.615,6			
	FM		187.187,0					
	FSec							
	Ref				449,8			
	GNM					3.402.600,4	50.775,3	
	GM						85.794,2	
	GSec							
	Ap			36.195,1	401,3			2.712,3
	Ac			0,1				
	S							
	A	1.205,8	119,9			3.194,0		
	Res							
	O			52,8				
	NO	38,1						
	Total 2002	**8.841.993,7**	**327.328,6**	**36.248,0**	**4.466,7**	**3.405.794,3**	**136.569,5**	**2.712,3**
	% do Bioma	**58,4**	**2,2**	**0,2**	**0,0**	**22,5**	**0,9**	**0,0**

TABELA 3.104

Emissões líquidas de CO_2 no bioma Pantanal no período de 1994 a 2002 (em Gg)

MATRIZ DE EMISSÕES LÍQUIDAS DO PANTANAL 1994-2002 (Gg CO_2)								
		2002						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
1994	FNM		-410,7		812,3			
	FM		-1.098,2					
	FSec							
	Ref							
	GNM						-387,2	
	GM						-1.308,6	
	GSec							
	Ap			-551,8	-51,4			52,0
	Ac			0,0				
	S							
	A							
	Res							
	O			-3,0				
	NO							
	Das situações de 2002		**-1.508,9**	**-554,9**	**760,9**		**-1.695,9**	**52,0**

AP	AC	S	A	RES	O	NO	TOTAL 1994	% DO BIOMA
675.522,3	4.570,2	2.638,6	6.904,3	31,6	595,4		9.674.649,6	63,9
5.155,8			773,7				193.116,4	1,3
							0,0	-
							449,8	0,0
161.305,4	17,9	10,0	748,9				3.615.457,8	23,9
3.778,7							89.572,9	0,6
							0,0	-
945.770,3	4.280,7	733,5	5,8		40,7		990.139,7	6,5
1.386,6	16.360,0						17.746,7	0,1
		7.240,1					7.240,1	0,0
245,1			535.625,6	37,3	3,5		540.431,1	3,6
				6,8			6,8	0,0
192,1	10,2				1.094,0		1.349,1	0,0
93,7							131,8	0,0
1.793.449,9	**25.239,1**	**10.622,2**	**544.058,3**	**75,7**	**1.733,6**	**0,0**	**15.130.291,8**	
11,9	**0,2**	**0,1**	**3,6**	**0,0**	**0,0**	**-**		

AP	AC	S	A	RES	O	NO	DAS SITUAÇÕES DE 1994
164.820,0	1.693,9	1.094,6		11,2	192,0		168.213,3
1.084,8							-13,4
7.058,7	1,5	0,8					6.673,8
-6,7							-1.315,3
	110,8	47,3			2,4		-390,8
-33,4							-33,4
-14,4	-0,5						-17,9
172.909,0	**1.805,8**	**1.142,7**		**11,2**	**194,3**		**173.116,3**

TABELA 3.105

Áreas das transições de uso e cobertura da terra identificadas no bioma Pantanal no período de 2002 a 2010 (em hectares)

MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE USO DA TERRA NO PANTANAL - 2002-2010 (ha)								
		2010						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
2002	FNM	8.125.708,3	118.099,6		504,6			
	FM		325.124,9					
	FSec			26.186,4				
	Ref				449,8			
	GNM				15,4	3.123.615,9	4.805,5	
	GM						136.399,2	
	GSec							819,4
	Ap			65.324,4	1.752,3			38.518,1
	Ac			145,8	1.573,8			1,2
	S							
	A	2.031,1	451,6			10.387,7	425,2	
	Res							
	O							
	NO							
	Total 2010	8.127.739,4	443.676,1	91.656,6	4.295,9	3.134.003,5	141.629,9	39.338,7
	% do Bioma	53,7	2,9	0,6	0,0	20,7	0,9	0,3

TABELA 3.106

Emissões líquidas de CO_2 no bioma Pantanal no período de 2002 a 2010 (em Gg)

MATRIZ DE EMISSÕES LÍQUIDAS DO PANTANAL 2002-2010 (Gg CO_2)								
		2010						
		FNM	FM	FSEC	REF	GNM	GM	GSEC
2002	FNM		-346,4		23,1			
	FM		-1.907,4					
	FSec			-2.127,7				
	Ref							
	GNM				-2,5		-36,6	
	GM						-2.080,5	
	GSec							-12,5
	Ap			-976,8	-301,3			751,0
	Ac			-10,1	-303,4			0,0
	S							
	A							
	Res							
	O							
	NO							
	Das situações de 2010		-2.253,8	-3.114,6	-584,1		-2.117,2	738,5

	AP	AC	S	A	RES	O	NO	TOTAL 2002	% DO BIOMA
	549.930,9	812,1	607,0	45.736,8	69,5	525,0		8.841.993,7	58,4
	1.343,1			860,6				327.328,6	2,2
	9.945,0	116,5						36.248,0	0,2
		4.016,8						4.466,7	0,0
	254.274,7	8,2	36,4	23.037,3	1,0	0,1		3.405.794,3	22,5
	170,3							136.569,5	0,9
	1.892,9							2.712,3	0,0
	1.673.447,7	10.247,7	1.398,3	1.216,2	2,8	1.542,3		1.793.449,9	11,9
	18.552,6	4.963,0		2,6		0,1		25.239,1	0,2
			10.622,2					10.622,2	0,1
	629,6			530.104,9	17,7	10,5		544.058,3	3,6
					75,7			75,7	0,0
	511,1					1.222,5		1.733,6	0,0
								0,0	-
	2.510.697,9	20.164,3	12.663,9	600.958,4	166,7	3.300,5	0,0	15.130.291,8	
	16,6	0,1	0,1	4,0	0,0	0,0	-		

	AP	AC	S	A	RES	O	NO	DAS SITUAÇÕES DE 2002
	133.376,1	271,2	184,3		29,5	245,3		133.783,1
	324,0							-1.583,4
	862,2	12,8						-1.252,7
		616,5						616,5
	5.379,0	0,5	2,1		0,1	0,0		5.342,6
	6,8							-2.073,7
	3,1							-9,4
		208,7	77,8		0,2	91,1		-149,4
	-408,6					0,0		-722,0
	-38,2							-38,2
	139.504,4	1.109,7	264,2		29,8	336,4		133.913,3

TABELA 3.107

Áreas das transições de uso e cobertura da terra identificadas no Brasil no período de 1994 a 2002 (em hectares)[6]

MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE USO DA TERRA NO BRASIL - 1994-2002 (ha)										
		2002								
		FNM	FM	FSEC	REF	CS	GNM	GM	GSEC	
1994	FNM	369.455.072,2	48.962.726,9	798.320,7	151.652,6	235.584,8				
	FM		104.253.805,6	34.268,6	3.659,2	23.704,6				
	FSec			751.094,9	634,8					
	Ref			84.435,6	5.266.860,5				11.197,6	
	CS									
	GNM				45.542,7		50.437.237,9	6.315.625,5	17.176,0	
	GM				308,3			5.717.532,9	218,2	
	GSec				104,4				8.383,2	
	Ap			3.668.020,5	177.307,7				592.988,6	
	Ac			500.795,8	42.421,9				86.311,2	
	S									
	A	3.103,1	280,5		19,9		4.426,7	19,2		
	Res			10.641,4	342,2				923,0	
	O			1.389,4	1.041,7				220,3	
	NO	485.318,7	60.697,7	24.757,0	9.879,9	321,1	10.654,0	359,9	3,3	
	Total de 2002	369.943.494,0	153.277.510,6	5.873.723,9	5.699.775,9	259.610,6	50.452.318,7	12.033.537,5	717.421,5	
	% do Bioma	43,4	18,0	0,7	0,7	0,0	5,9	1,4	0,1	

TABELA 3.108

Emissões antrópicas líquidas de CO_2 no Brasil no período de 1994 a 2002[7]

MATRIZ DE EMISSÕES LÍQUIDAS DO BRASIL - 1994-2002 (Gg CO_2)										
		2002								
		FNM	FM	FSEC	REF	CS	GNM	GM	GSEC	
1994	FNM		-274.319,5	437.773,1	43.786,2	27.194,6				
	FM		-1.249.679,4	19.882,3	967,3	2.468,4				
	FSec			-109.279,3	80,2					
	Ref			4.458,4					1.294,6	
	CS									
	GNM				-5.264,2			-48.167,2	822,1	
	GM				-28,1			-87.211,4	9,4	
	GSec				-15,7				-127,9	
	Ap			-63.436,3	-27.670,6				10.659,5	
	Ac			-30.755,3	-6.694,3				176,8	
	S									
	A									
	Res									
	O			-55,5	-197,8				-7,5	
	NO									
	Das situações de 2002		-1.523.998,9	258.587,5	4.963,0	29.663,0		-135.378,6	12.827,1	

6 As vegetações secundárias (FSec e GSec) neste período foram mapeadas apenas na Amazônia. A classe CS (corte seletivo) não foi mapeada para este período.

7 As vegetações secundárias (FSec e GSec) neste período foram mapeadas apenas na Amazônia. A classe CS (corte seletivo) não foi mapeada para este período.

AP	AC	S	A	RES	O	NO	TOTAL DE 1994	% DO BIOMA
25.984.512,0	2.502.474,6	199.668,1	16.490,4	151.611,1	16.692,2	502.196,3	448.977.002,0	52,7
761.763,8	13.036,4	19.394,4	923,1	512,2	5.205,7	7.467,2	105.123.741,0	12,3
612.188,8	4.138,2	1.117,1	8,8	0,6	715,4		1.369.898,6	0,2
142.679,3	59.844,2	1.009,9		36,2	20,0	13.520,7	5.579.604,1	0,7
								-
3.546.539,8	1.439.989,9	41.801,0	23.003,5	10.540,2	1.313,2	54.265,5	61.933.035,3	7,3
28.414,2	39.373,3	611,5	38,3		24,5	818,5	5.787.339,7	0,7
8.690,9	0,0	47,9					17.226,4	0,0
139.290.084,3	2.997.328,5	355.639,9	10.013,2	5.600,2	4.271,8	607.575,7	147.708.830,3	17,3
2.679.903,7	48.060.211,6	114.294,0	60.515,8	1.376,6	1.029,4	316.524,9	51.863.384,9	6,1
		2.369.496,7				34,7	2.369.531,5	0,3
2.958,8	6.791,2	121,8	16.449.153,5	23.556,0	67,3	148,2	16.490.646,2	1,9
930,2	665,4	4,7	876,8	1.899.885,6		636,2	1.914.905,6	0,2
12.154,0	1.365,1	1.372,1	480,7	0,0	412.940,1		430.963,4	0,1
1.346.729,8	506.549,8	36.905,4	247,0	13.702,4	2.039,2	123.270,8	2.621.436,1	0,3
174.417.549,7	**55.631.768,3**	**3.141.484,7**	**16.561.751,0**	**2.106.821,2**	**444.318,9**	**1.626.458,7**	**852.187.545,2**	
20,5	**6,5**	**0,4**	**1,9**	**0,2**	**0,1**	**0,2**		

AP	AC	S	A	RES	O	NO	DAS SITUAÇÕES DE 1994
9.682.053,0	573.406,2	84.191,9		61.436,0	7.171,7		10.642.693,2
396.749,0	4.328,7	8.785,3		280,7	3.285,1		-812.932,4
131.285,6	818,3	385,4		0,1	188,1		23.478,5
13.646,4	6.586,4	155,8		5,5	3,1		26.150,3
188.247,4	88.059,2	4.346,9		947,3	140,9		229.132,4
1.049,5	2.587,6	59,3			2,3		-83.531,4
-25,9	0,0	1,9					-167,6
	52.397,2	20.538,2		249,6	230,8		-7.031,7
-42.074,9		5.244,7		47,3	34,7		-74.021,0
-707,4	-42,4						-1.010,6
10.370.222,6	**728.141,3**	**123.709,4**		**62.966,6**	**11.056,5**		**9.942.759,6**

TABELA 3.109

Áreas das transições de uso e cobertura da terra identificadas no Brasil no período 2002 a 2010 (em hectares)

MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE USO DA TERRA NO BRASIL - 2002-2010 (ha)									
		2010							
		FNM	FM	FSEC	REF	CS	GNM	GM	GSEC
2002	FNM	257.782.744,0	59.576.232,8	1.738.990,4	1.037.488,6	1.077.192,4			
	FM		141.754.214,5	137.345,1	95.080,4	80.712,4			
	FSec			4.272.386,0	47.981,1	3.454,8			
	Ref			430.779,0	4.053.776,9				55.102,0
	CS			152.225,1		15.442,8			
	GNM				331.288,0		40.940.784,7	1.914.873,5	41.634,5
	GM				16.801,5			11.321.518,7	3.094,6
	GSec				15.575,0				534.615,0
	Ap			15.869.542,2	2.154.631,6	1.845,4			1.691.466,1
	Ac			1.393.930,4	427.288,3	15,0			190.515,1
	S								
	A	288.546,0	184.993,9	13.819,1	1.298,8	6,7	149.509,2	34.966,0	8.029,8
	Res			20.833,4	111,5				1.223,7
	O			21.169,8	5.973,9				108,2
	NO	261.987,8	8.114,2	295.483,4	31.710,5		17.731,5	9,2	15.878,1
	Total de 2010	**258.333.277,9**	**201.523.555,4**	**24.346.504,1**	**8.219.006,2**	**1.178.669,6**	**41.108.025,4**	**13.271.367,5**	**2.541.667,0**
	% do Bioma	**30,3**	**23,6**	**2,9**	**1,0**	**0,1**	**4,8**	**1,6**	**0,3**

TABELA 3.110

Emissões antrópicas líquidas de CO_2 no Brasil no período de 2002 a 2010

MATRIZ DE EMISSÕES LÍQUIDAS DO BRASIL - 2002-2010 (Gg CO_2)									
		2010							
		FNM	FM	FSEC	REF	CS	GNM	GM	GSEC
2002	FNM		-190.883,5	27.230,7	257.514,7	326.069,9			
	FM		-1.773.878,0	1.714,9	32.688,3	20.331,1			
	FSec			-691.443,9	3.082,2	819,9			
	Ref			54.816,8					9.225,9
	CS			-9.105,1	55,8	-1.433,2			
	GNM				-38.760,7			-11.343,4	2,7
	GM				-1.955,5			-173.662,7	8,6
	GSec				-2.778,0				-8.875,7
	Ap			-210.210,7	-339.849,7				33.183,1
	Ac			-81.754,9	-75.750,0				726,0
	S								
	A								
	Res								
	O			-538,4	-1.177,3				-3,5
	NO								
	Das situações de 2010		**-1.964.761,5**	**-909.290,6**	**-166.930,1**	**345.787,7**		**-185.006,1**	**34.267,0**

Observação: Esta matriz de emissões não é totalmente compatível com a matriz de transição do Brasil de 2002-2010, uma vez que, nesta, a parte referente às transições do bioma Amazônia envolve a análise da situação intermediária de 2005.

AP	AC	S	A	RES	O	NO	TOTAL DE 2002	% DO BIOMA
25.351.075,4	4.763.886,4	100.283,7	652.243,8	819.479,4	79.907,7	16.963.969,3	369.943.494,0	43,4
1.621.696,0	157.204,9	20.124,8	334.808,0	79.243,6	18.764,7	8.978.316,1	153.277.510,6	18,0
1.294.837,6	129.182,1	4.452,3	8.704,6	12.235,8	822,5	99.667,1	5.873.723,9	0,7
536.817,5	385.005,1	5.217,9	3.010,0	917,3	1.577,7	227.572,5	5.699.775,9	0,7
63.614,5	27.210,0	0,6				1.117,6	259.610,6	0,0
4.388.778,7	1.659.017,4	20.174,2	194.881,1	149.949,0	12.007,2	798.930,4	50.452.318,7	5,9
268.303,3	50.082,2	4.415,0	42.947,8	14.141,2	3.635,2	308.598,0	12.033.537,5	1,4
115.482,3	46.990,4	252,9	1.887,9	1.202,5	53,5	1.361,9	717.421,5	0,1
133.035.733,9	13.323.667,4	455.405,2	148.393,1	181.420,9	53.720,1	7.501.723,6	174.417.549,7	20,5
5.241.169,5	47.617.890,4	160.335,2	55.420,1	32.193,3	9.378,2	503.632,9	55.631.768,3	6,5
		3.135.527,7				5.956,9	3.141.484,7	0,4
115.993,7	117.403,5	5.821,2	14.593.311,6	103.499,1	14.858,2	929.694,3	16.561.751,0	1,9
16.878,7	6.659,9	270,1	56.989,5	1.991.958,3	1.788,0	10.108,2	2.106.821,2	0,2
12.925,9	2.660,5	2.344,6	1.236,3	2.160,6	393.263,5	2.475,6	444.318,9	0,1
416.163,7	243.211,6	6.291,0	2.104,9	1.317,6	308,0	326.147,2	1.626.458,7	0,2
172.479.470,8	**68.530.071,7**	**3.920.916,3**	**16.095.938,7**	**3.389.718,7**	**590.084,5**	**36.659.271,6**	**852.187.545,2**	
20,2	**8,0**	**0,5**	**1,9**	**0,4**	**0,1**	**4,3**		

AP/AC		S	A	RES	O	NO	DAS SITUAÇÕES DE 2002
10.058.181,8	1.350.031,2	41.608,0		282.478,5	39.876,8		12.192.108,1
829.493,2	41.137,4	10.015,9		39.436,1	9.537,7		-789.523,4
488.551,5	22.765,8	1.406,6		2.455,9	847,1		-171.515,0
83.260,9	71.450,1	1.099,9		196,9	308,2		220.358,6
33.500,3	9.372,4			0,0	236,5		32.626,7
210.983,6	94.235,7	1.912,0		14.252,1	1.114,7		272.396,7
14.220,5	3.283,1	489,6		1.818,1	348,3		-155.450,1
456,4	905,9	15,1		53,5	3,2		-10.219,6
	234.546,2	25.422,4		7.707,0	3.057,9		-246.143,7
-83.178,4		7.141,4		1.186,2	393,3		-231.236,3
-735,7	-72,3						-2.527,2
11.634.734,0	**1.827.655,5**	**89.110,9**		**349.584,3**	**55.723,6**		**11.110.874,8**

3.5.2.8. Emissões antrópicas líquidas anuais de CO_2 para o período de 1990 a 2010

Os resultados consolidados na seção 3.5.2.7 representam as estimativas das emissões antrópicas líquidas para o período de 1994 a 2002 para todos os biomas e de 2002 a 2010 para todos os biomas, exceto Amazônia, já que este foi avaliado em dois períodos, de 2002 a 2005 e de 2005 a 2010.

A partir desses resultados, foram também recalculadas as emissões antrópicas líquidas anuais para o período de 1990 a 1994.

Emissões antrópicas líquidas anuais para o período 1990 a 1994

Este Terceiro Inventário manteve a abordagem do Segundo Inventário, quando foram atualizados os valores das emissões brutas para refletir as estimativas de carbono dos novos reservatórios incluídos (biomassa viva abaixo do solo e matéria orgânica morta), que não haviam sido incluídos no Inventário Inicial. Os valores médios de emissões de CO_2 obtidos foram considerados constantes para os anos de 1990 a 1994 para todos os biomas, exceto para o bioma Amazônia, que teve o valor total das emissões brutas para o período de 1990 a 1994 distribuído anualmente de forma proporcional às variações dos valores de desmatamento bruto observados pelo PRODES[8].

Para remoção de CO_2 por sumidouros das áreas manejadas de 1990 a 1994, foi feita uma correção em relação ao Segundo Inventário, no qual era considerada a mesma remoção anual de carbono de 0,62 t C/ha para todos os anos e biomas, nas áreas manejadas de fisionomia florestal identificadas em 1994 e assumidas iguais desde 1990. Neste Terceiro Inventário, cada bioma tem sua taxa média de remoção: 0,43 t C/ha para Amazônia; 0,32 t C/ha para Mata Atlântica e Pampa (cujas remoções de áreas manejadas não haviam sido incluídas); 0,20 t C/ha para Cerrado e Pantanal; e 0,10 t C/ha para Caatinga. Além disso, as áreas de fisionomia florestal consideradas manejadas foram corrigidas para o ano de 1994.

Emissões antrópicas líquidas anuais para o período 1994 a 2002

A emissão líquida média anual para o período de 1994 a 2002 foi calculada para todos os biomas, exceto Amazônia, como a razão entre a emissão líquida total para o período e o número de anos compreendido no período (oito anos). Isso implica, portanto, uma distribuição linear das emissões ao longo do período. As emissões brutas anuais da Amazônia (basicamente associadas a florestas primárias convertidas para outros usos) foram estimadas utilizando os dados da série temporal anualizada do desmatamento bruto gerados pelo INPE (PRODES), resultando em uma distribuição não uniforme da emissão total em cada ano do período considerado.

Emissões antrópicas líquidas anuais para o período de 2002 a 2010

A emissão líquida média anual para o período de 2002 a 2010 foi calculada para a Amazônia para dois períodos distintos: 2002 a 2005 e 2005 a 2010, tendo-se adotado a mesma abordagem utilizada para o período de 1994 a 2002.

---

8 Projeto de monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite (PRODES), que contabiliza o desmatamento por corte raso da região. As informações estão disponíveis em: http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php

A disponibilidade de informações sobre desmatamento para os períodos de 2002 a 2008 e de 2008 a 2009 para os outros biomas – geradas pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros (PMDBBS)[9] – permitiu a aplicação da mesma abordagem utilizada para a Amazônia para os demais biomas. Excepcionalmente para o Cerrado, a estimativa do desmatamento para o período de 2009 a 2010 também foi gerada pelo projeto supracitado. Dessa forma, as emissões brutas anuais de todos os biomas foram calculadas utilizando os dados do desmatamento bruto existentes para cada bioma. Para o ano de 2010, assumiu-se a mesma emissão bruta anual calculada para o ano de 2009 para todos os biomas, exceto Amazônia e Cerrado.

As remoções anuais de CO_2 foram estimadas assumindo-se uma distribuição uniforme no período considerado. Os resultados são sintetizados na Tabela 3.111, onde estão também as emissões de CO_2 por calagem (prática de aplicação de calcário nos solos).

TABELA 3.111

Síntese das emissões antrópicas líquidas anuais de CO_2 para o período de 1990 a 2010 por bioma

FONTE	1990	1995	2000	2005	2010	PART. 2010	VARIAÇÃO 2005-2010
	Gg					%	
Mudança do Uso da Terra	751.867	1.832.113	1.188.458	1.790.368	300.312	96,6	-83,2
Bioma Amazônia	437.574	1.459.071	815.416	1.128.545	162.888	52,4	-85,6
Bioma Cerrado	241.511	212.958	212.958	282.275	58.755	18,9	-79,2
Bioma Mata Atlântica	26.115	111.072	111.072	329.662	69.104	22,2	-79,0
Bioma Caatinga	28.643	23.774	23.774	14.382	-4.291	-1,4	-129,8
Bioma Pantanal	18.161	21.640	21.640	21.450	2.606	0,8	-87,9
Bioma Pampa	-137	3.598	3.598	14.054	11.250	3,6	-20,0
Calagem	5.103	5.395	8.717	7.474	10.424	3,4	39,5
Total	**756.970**	**1.837.508**	**1.197.175**	**1.797.842**	**310.736**	**100,0**	**-82,7**

Emissões de outros gases de efeito estufa por queimadas

Quando da conversão de floresta para uso agrícola ou pecuária, parte da biomassa original é retirada na forma de madeira comercial, como lenha para fabricação de carvão vegetal, ou para uso como combustível em diversas finalidades. O restante é normalmente deixado no campo e é queimado. Como resultado dessa queima imperfeita, ocorrem emissões de gases de efeito estufa como CH_4, N_2O, CO e NO_x. Aqui estão calculadas apenas as emissões das queimadas associadas a desmatamentos. No Apêndice II estão avaliações e considerações sobre queimadas não associadas a desmatamentos.

9 *Uma parceria do Centro de Sensoriamento Remoto do Ibama, Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente e Pnud. Disponível em: http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/index.htm*

Para a avaliação do que é queimado no campo é preciso estimar a fração retirada antes da queima, para ser usada em outro lugar. No Segundo Inventário, utilizaram-se como *proxy* as estatísticas do IBGE sobre a quantidade de madeira em toras, carvão vegetal e lenha que é produzida anualmente em atividades extrativas de florestas nativas. Não foram consideradas as quantidades de lenha, madeira e carvão da silvicultura, ou seja, das florestas plantadas. A soma dos valores das séries de lenha e carvão por extração vegetal e por silvicultura fornecidas pelo IBGE está bem abaixo dos encontrados no BEN, que é a fonte das informações para o setor Energia.

Assim, preferiu-se neste Terceiro Inventário, considerar, no caso da lenha e do carvão retirados do campo, apenas a lenha informada pelo BEN, que inclui a lenha usada para carvoejamento e seu produto, o carvão. Para a parte retirada em forma de madeira em tora, considerou-se tanto a proveniente de extração vegetal quanto a de silvicultura (para papel e celulose e para outros usos), conforme informado pelo IBGE.

As quantidades de lenha e madeira em tora retiradas foram consideradas com 25% de umidade, conforme considerado no Relatório de Referência do setor Energia (*Bottom-Up* – Anexo metodológico), para manter a coerência das informações. A conversão para matéria seca é necessária para a confrontação com a madeira retirada nas conversões de florestas para outros usos e para a correta aplicação dos fatores de emissão para os gases não-CO_2, referentes à biomassa sem água.

As emissões brutas resultantes das conversões de florestas para outros usos, exceto corte seletivo, e as resultantes das conversões de campo nativo para outros usos foram convertidas para matéria seca, primeiro pela conversão de CO_2 a C e depois pela consideração do carbono como sendo 47% dessa matéria seca. Dessa matéria seca, foram abatidas as quantidades retiradas proporcionalmente às emissões brutas consideradas.

Para o período de 2005 a 2010, a fração de carbono retirada na forma de madeira comercial aumentou de 3% para 7% do total de matéria seca disponível pelo desmatamento. A fração retirada na forma de carvão e lenha, por sua vez, aumentou de 2% para 5% do total da matéria seca disponível pelo desmatamento no mesmo período. Isso significa que a biomassa efetivamente queimada diminuiu de 95% para 88% do total de biomassa disponível à época do desmatamento.

Quanto ao fator de combustão, foi estimado um valor médio para cada bioma, diferenciando a estrutura da vegetação entre floresta e campo nativo, conforme a Tabela 3.112. Uma vez que esses fatores foram utilizados para a estimativa das emissões por queimadas associadas ao desmatamento, foram priorizados trabalhos realizados em áreas que sofreram corte e queima (*slash and burn*). Na ausência desses trabalhos, foram utilizados valores de trabalhos onde as áreas foram apenas queimadas, principalmente para vegetações campestres e savânicas.

TABELA 3.112

Fatores de combustão por bioma, segundo a estrutura da vegetação, para estimativa das emissões por queimadas associadas ao desmatamento, e fontes utilizadas

BIOMA	ESTRUTURA	FATOR DE COMBUSTÃO	FONTES
Amazônia	Campo	69,3 [2]	BARBOSA & FEARNSIDE, 2005
	Floresta	35,6 [1]	WARD et al., 1992; KAUFFMAN et al., 1995; ARAUJO et al., 1999; FEARNSIDE et al., 1993; 1999; 2001; CARVALHO et al., 1995; 1998; 2001; DE ALENCASTRO GRAÇA et al., 1999
Cerrado	Campo	88,0 [2]	CASTRO & KAUFFMAN, 1998
	Floresta	43,5 [2]	CASTRO & KAUFFMAN, 1998
Caatinga	Campo	88,0 [2]	Idem Cerrado
	Floresta	43,5 [2]	Idem Cerrado
Mata Atlântica	Campo	88,0 [2]	Idem Cerrado
	Floresta	35,6 [1]	Idem Amazônia
Pampa	Campo	94,4 [2]	FIDELIS et al., 2010
	Floresta	35,6 [1]	Idem Amazônia
Pantanal	Campo	88,0 [2]	Idem Cerrado
	Floresta	43,5 [2]	Idem Cerrado

[1]- Valor calculado a partir de trabalhos realizados em áreas que sofreram corte e queima.
[2]- Valor calculado a partir de trabalhos realizados em áreas que sofreram apenas queima.

Finalmente, foram aplicados os fatores de emissão do IPCC (2006) para os gases não-CO_2 que correspondiam aos biomas, conforme Tabela 3.113. Nota-se que o CO_2 não será novamente contabilizado, pois essas queimadas estão ligadas a desmatamentos e, como tal, já tiveram as emissões de CO_2 avaliadas.

TABELA 3.113

Fatores de emissão para os gases de efeito estufa

GASES	SAVANAS E CAMPOS NATIVOS	FLORESTAS TROPICAIS
	g/kg MATÉRIA SECA QUEIMADA	
CO_2	1.613	1.580
CO	65	104
CH_4	2,3	6,8
N_2O	0,21	0,20
NO_x	3,9	1,6

Fonte: IPCC (2006), Volume 4, Tabela 2.5.

Na Tabela 3.114, apresenta-se uma síntese das emissões de gases não-CO_2 por queima de biomassa na conversão de áreas de floresta em usos agropecuários.

TABELA 3.114

Síntese das emissões de gases não-CO_2 por queima de biomassa associada ao desmatamento na conversão de áreas de floresta e campos nativos em usos agropecuários

GÁS	1990	1995	2000	2005	2010	VARIAÇÃO 2005-2010
	Gg					(%)
CH_4	1.041,5	2.895,7	2.048,8	3.237,9	1.135,4	-64,9
CO	18.429,4	48.855,6	35.879,9	55.810,0	20.231,3	-63,7
N_2O	42,56	106,98	81,96	125,25	47,08	-62,4
NO_x	526,7	1.196,0	993,8	1.470,3	589,9	-59,9

3.6. TRATAMENTO DE RESÍDUOS

A disposição de resíduos sólidos e o tratamento de efluentes domésticos ou industriais podem produzir emissões de gases de efeito estufa. Os resíduos sólidos podem ser descartados em aterros ou em lixões, bem como serem reciclados ou incinerados. Os resíduos líquidos podem receber várias formas de tratamentos físico-químicos ou biológicos, sendo que os tratamentos biológicos podem ocorrer via decomposição aeróbia ou anaeróbia. Por sua vez, a incineração de resíduos sólidos, como toda combustão, provoca emissões de gases de efeito estufa, dependendo da composição dos resíduos, no entanto essa atividade é bastante reduzida no Brasil.

O gás mais relevante produzido no tratamento de resíduos é o CH_4, que podem ocorrer tanto devido à disposição de resíduos sólidos quanto ao tratamento anaeróbio de efluentes e águas residuárias. Quantidades significativas de emissões desse gás são produzidas na decomposição anaeróbia de resíduos, sendo as duas maiores fontes a disposição de resíduos sólidos em aterros e o tratamento anaeróbio de efluentes.

Emissões de N_2O também podem ocorrer no tratamento de efluentes domésticos, e são calculadas em função do conteúdo de nitrogênio na alimentação humana.

Foram estimadas as emissões de CH_4 referentes à disposição de resíduos sólidos, ao tratamento de efluentes domésticos e industriais, além das emissões de CO_2 e N_2O da incineração de resíduos e emissões de N_2O referentes ao tratamento de dejetos humanos.

Para estimar as emissões de gases de efeito estufa do setor de Tratamento de Resíduos, foram necessários dados sobre população urbana, taxas municipais de geração de resíduos sólidos urbanos e taxas de geração de matéria orgânica para o caso dos efluentes, além de quantidades incineradas. A coleta desses dados foi realizada durante todo o período de elaboração das estimativas.

No entanto, nem todos os dados necessários para o cálculo das estimativas estão disponíveis para todo o país, e outros têm incertezas muito elevadas, como condições de disposição de resíduos, volume de resíduos gerados, instalações de aterros ou lixões, sistemas de tratamento de efluentes e concentração de matéria orgânica, assim como quantidade de tipo de resíduo sólido incinerado.

3.6.1. Disposição de Resíduos Sólidos

Os depósitos de resíduos sólidos, aterros e lixões geram CH_4 em função de fatores como quantidade de resíduos, idade do depósito, presença de ambiente anaeróbio, acidez e condições construtivas e de manejo. Quanto maiores as condições de controle dos aterros e profundidade dos lixões, que melhoram as suas condições sanitárias, maior, no entanto, o potencial de emissão de CH_4.

O método utilizado para a estimativa das emissões provenientes dos aterros foi o de decaimento de primeira ordem (*Tier* 2) do *Good Practice Guidance* 2000, que considera que a emissão de CH_4 persiste ao longo de uma série de anos, após a disposição do resíduo. Para a sua aplicação, foram necessários dados relativos à população urbana, ao clima (médias anuais de temperatura e chuva), à quantidade de resíduo aterrada, à composição do resíduo, qualidade de operação do aterro e às quantidades de CH_4 recuperada e oxidada, desde 1970.

Os dados relativos à população urbana de todos os municípios do Brasil, empregados na estimativa, são os correspondentes aos encontrados nos Censos do IBGE para os anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. Os tipos e taxas de produção de resíduos sólidos no país variam devido à grande extensão territorial e às diferenças regionais, econômicas e sociais.

A quantidade de resíduo depositada em aterros foi estimada por meio do produto da taxa de resíduo coletado *per capita* pela população urbana. A taxa de geração de resíduo sólido urbano *per capita* foi estimada a partir de dados adaptados da CETESB e da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). No passado, segundo estudos realizados pela CETESB, a taxa de geração de resíduos por habitante variava entre 0,4 e 0,7kg/hab.dia, com uma taxa diária média estimada em 0,5kg/hab. Esse valor foi adotado neste Inventário como dado primário de 1970. A partir de 2008, essa taxa passou a ser um dado publicado pela ABRELPE (ABRELPE, 2008; 2009; 2010), calculada para cada região do país. Dessa forma, a taxa dos anos entre 1970 e 2008 é estimada por interpolação linear das taxas de 1970 e 2008.

Os dados sobre composição de resíduos foram classificados, como indicado no *Good Practice Guidance* 2000, nas seguintes frações de resíduo correspondentes a: papéis e têxteis; podas de jardins, parques e outros putrescíveis não alimentares; alimentos; e madeira e palha. A partir dos dados de composição de resíduos, disponíveis para alguns estados e municípios, foram estimadas regressões lineares para cada região do país.

Para o fator de correção do metano, utilizou-se a seguinte classificação recomendada: aterro sanitário (1,0); local não gerenciado com profundidade igual ou superior a cinco metros (0,8); e local não gerenciado com menos de cinco metros de profundidade (0,4). Além disso, foram adotados valores *default* para a fração de carbono orgânico que realmente degrada (0,5) e para a fração de metano no gás de aterro (0,5).

Para estimativa das emissões de CH_4, devem ser descontadas as quantidades recuperadas. Para os anos de 1990 a 2002, tais quantidades foram consideradas nulas. A partir de 2003, foram consideradas as reduções de CH_4 relatadas nos documentos de monitoramento das atividades de projeto de MDL em aterros sanitários no Brasil, para as quais houve Relatórios de Monitoramento verificados por Entidades Operacionais Designadas, conforme a regulamentação do Conselho Executivo do MDL.

Deve-se destacar que as quantidades de CH_4 reduzidas são descontadas das emissões dos estados onde se situam as atividades de projeto MDL. Como um aterro pode receber resíduos de vários municípios, a quantidade

de metano recuperada pode ser superior à emissão correspondente de um determinado município, estimada em função da sua população urbana e demais parâmetros descritos ao longo do documento.

Para todas as cidades com mais de 1.000.000 habitantes, considerou-se que estas seriam providas de aterros sanitários. Para esses casos, o fator de oxidação (OX), que reflete a queima de CH_4, que pode acontecer nos aterros, foi considerado igual a 0,1, de acordo com o *Good Practice Guidance* 2000. Para cidades de população inferior, tal fator foi assumido como nulo.

Com essas hipóteses, foram estimadas as emissões de CH_4 pela disposição de resíduos sólidos, apresentadas na Tabela 3.115.

TABELA 3.115

Emissão de CH_4 na disposição de resíduos sólidos

FONTE	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	(Gg CH_4)					(%)
Disposição de resíduos sólidos	824,4	965,3	1.149,4	1.237,1	1.327,0	7,3

Verificou-se um aumento nas emissões de CH_4, devido ao crescimento demográfico, mudanças de hábitos, melhoria na qualidade de vida e desenvolvimento industrial, que causaram aumento na quantidade gerada de resíduos. Contudo, as atividades de projetos de MDL contribuíram para reduzir parte desse aumento, devido à recuperação e à queima do CH_4. As emissões nacionais seriam maiores sem as reduções obtidas pelos projetos de MDL, que foram de 208,4 GgCH_4 em 2010.

3.6.2. Incineração de Resíduos Sólidos

Diante da dificuldade de disposição dos resíduos sólidos nas regiões metropolitanas brasileiras, iniciou-se a prospecção de formas alternativas para a destinação dos resíduos. Entre as possíveis destinações encontradas, destaca-se a incineração.

A incineração de resíduos urbanos vem sendo considerada com maior frequência em grandes metrópoles à medida que o custo do transporte do resíduo, para aterros cada vez mais distantes das regiões metropolitanas, aumenta. Essa prática é aplicada à uma fração pequena do resíduo total tratado, sendo mais utilizada para o tratamento de resíduos perigosos de origem industrial e de resíduos dos serviços de saúde que, em geral, não podem ser dispostos em aterros comuns, necessitando de tratamento especial. A incineração de resíduo sólido municipal e lodo de efluente foi desconsiderada por não ser relevante no período.

Para estimativa de emissões de CO_2 e de N_2O de incineração de resíduos, foi utilizada a metodologia do *Good Practice Guidance* 2000. De acordo com a metodologia, a estimativa de emissão de CO_2 é determinada pelo tipo de resíduo incinerado, pelo carbono contido no tipo de resíduo, pela sua fração de carbono fóssil e pela eficiência de queima dos incineradores. Analogamente, a estimativa de emissões de N_2O é determinada pelo tipo e quantidade de resíduo incinerado e o fator de emissão para cada tipo de resíduo.

Para o percentual de carbono de origem fóssil nos resíduos foi considerado o valor *default* do *Good Practice Guidance* 2000 de 60 gC/g resíduos dos serviços de saúde e 50 gC/g resíduos perigosos de origem industrial. O mesmo foi adotado para o percentual de carbono de origem fóssil nos outros tipos de resíduos e foram utilizados os valores *default* do *Good Guidance Practice* 2000 necessários para esse cálculo.

Com relação à eficiência de queima dos incineradores de resíduo, não foram identificados dados nacionais sobre essa variável. Portanto, optou-se por adotar os valores *default* do *Good Guidance Practice* 2000. Para o caso do fator de emissão de N_2O foram empregados os valores *default* do *Guidelines* 2006, já que não havia tal informação no *Guidelines* 1996 e nem no *Good Practice Guidance* 2000.

Para as estimativas das emissões relativas à incineração de resíduos perigosos, empregaram-se dados disponíveis da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE, 2006), do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e de operadores e fabricantes de incineradores que responderam à solicitação de dados feita pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). As emissões são apresentadas na Tabela 3.116.

TABELA 3.116

Emissões de CO_2 e N_2O pela incineração de resíduos sólidos

GÁS	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	(Gg)					(%)
CO_2	19	78	95	128	175	36,7%
N_2O	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,0%

3.6.3. Tratamento de Efluentes

Efluentes com um alto grau de conteúdo orgânico, como o efluente doméstico e os efluentes da indústria de alimentos e bebidas e de papel e celulose têm grande potencial de emissão de CH_4. Os efluentes domésticos são fontes, também, de emissões de N_2O, em função do conteúdo de nitrogênio na alimentação humana. As emissões de N_2O foram estimadas pela quantidade de nitrogênio presente nos dejetos humanos.

3.6.3.1. Efluentes domésticos e comerciais

A emissão de CH_4 é estimada a partir da matéria orgânica presente nos efluentes, expressa em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que representa a quantidade de oxigênio consumida por microorganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica.

Vários sistemas são utilizados para o tratamento de efluentes no Brasil. Apesar disso, uma grande quantidade de efluente é despejada diretamente nos rios e oceano, sem tratamento. Segundo as Pesquisas Nacionais de

Saneamento Básico (PNSB) (IBGE, 1989; 2000; 2008), os efluentes domésticos não tratados lançados *in natura* em corpos d'água reduziu, porém os avanços não foram muito significativos se comparados ao aumento da população no mesmo período. Entre as várias opções coletivas para o tratamento biológico, as mais utilizadas no Brasil são as lagoas de estabilização e as diversas modificações do processo de lodos ativados, particularmente aquelas que empregam o conceito de aeração prolongada e filtros biológicos.

A emissão de CH_4 é estimada a partir da matéria orgânica presente nos efluentes, expressa em termos de DBO. O volume de efluentes gerados por pessoa depende da quantidade de água consumida e corresponde normalmente a 80% deste consumo. A carga orgânica unitária varia de país para país, entre 0,02 e 0,08g DBO por habitante, por dia. Utilizou-se a DBO média por habitante no Brasil de 0,054 kg DBO/(hab.dia). Para a capacidade máxima de produção de metano, utilizou-se o valor *default* do *Good Practice Guidance* 2000, igual a 0,60kg CH_4/kg DBO.

A população considerada nesse estudo é aquela que gera efluente, pois o efluente doméstico é gerado pelo emprego da água para o carreamento dos detritos domésticos. A população que gera efluente pode ser estimada pelo produto entre a população residente total do Brasil e a fração dos domicílios com escoadouro. Essa fração é obtida da relação dos domicílios totais e domicílios que não tinham escoadouro (IBGE 1991; 2000; 2010).

A carga orgânica dos efluentes domésticos pode ser aumentada pelo lançamento de efluentes industriais nos sistemas de esgotamento urbano ou também pode ser reduzida por infiltrações pluviais no efluente. Porém, esses dados foram estimados como nulos, pois não há informação a esse respeito. Foram considerados os tratamentos anaeróbios em estações de tratamento de efluentes, que incluem a digestão anaeróbia de lodo, processos anaeróbios em reatores e lagoas, latrinas e fossas sépticas. Também foram considerados os lançamentos de matéria orgânica no mar, rios e lagos nos quais, por reações anaeróbias, ocorrem emissões de CH_4.

Considerou-se que o metano recuperado em reatores anaeróbios e em digestores anaeróbios de sistemas de lodos ativados é destruído sempre em um queimador, pois essa é a prática verificada no Brasil. Adotou-se então que 100% de metano recuperado são queimados. A eficiência estimada dos queimadores é de aproximadamente 50%. Para as emissões em sistemas de tratamento em fossa séptica e lagoas anaeróbias e para os lançamentos de efluentes sem tratamento em corpos d'água, considerou nula a oxidação do metano.

Além do CH_4, foram estimadas as emissões de N_2O de dejetos humanos a partir do consumo médio anual *per capita* de proteína, por estado ou região e da população do país.

Os valores para o consumo de proteína *per capita* foram retirados de publicação da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2009). O estudo identificou valores médios de 76,8 g/dia/pessoa para o período de 1994 a 1996, 79,4 g/dia/pessoa para o período de 1999 a 2001 e 84,5 g/dia/pessoa para o período de 2003 a 2005. Os dados de população foram os mesmos utilizados nas estimativas de CH_4.

As emissões de CH_4 e N_2O devido ao tratamento de efluentes domésticos e comerciais estão apresentadas na Tabela 3.117 para os anos de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010.

TABELA 3.117

Emissões por tratamento de efluente doméstico e comercial

GÁS	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010
	(Gg)					(%)
CH_4	266,7	304,3	371,7	436,6	512,8	17,5%
N_2O	4,32	4,83	5,67	6,60	7,20	9,1%

3.6.3.2. Efluentes industriais

Os efluentes da produção industrial têm sido tratados tradicionalmente por meio de lagoas ou pelos processos de lodos ativados e filtros biológicos, além da utilização de reatores anaeróbios.

Para este Inventário, foram mantidas as atividades industriais com maior potencial de emissões de metano selecionadas para o Segundo Inventário, excluindo-se as emissões devidas ao consumo de algodão devido às incertezas quanto ao destino. O aperfeiçoamento do levantamento de dados para a estimativa das emissões de efluentes industriais incluiu uma pesquisa para atualização e revisão dos dados de emissão de carga orgânica, além da atualização do tratamento do efluente de cada setor industrial.

Para a estimativa das emissões de CH_4, foram utilizados dados da produção industrial e o fator de emissão para cada um dos setores considerados. Os dados relativos à produção industrial desses setores são apresentados na Tabela 3.118.

TABELA 3.118

Produção industrial dos principais setores que contribuem para emissão de efluente industrial

PRODUTO (UNID.)	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010 (%)
Açúcar [t] (a)	7.214.050	12.651.628	19.387.603	26.685.095	32.956.359	23,5%
Leite cru [1000 L] (b1)	14.484.000	18.110.938	22.014.202	24.660.202	30.163.539	22,3%
Álcool [m^3] (a)	11.920.335	12.751.811	12.983.108	15.388.567	25.690.918	66,9%
Celulose [t] (c)	4.351.143	5.936.000	7.463.000	10.352.000	14.164.000	36,8%
Cerveja [1000 L] (b2)	3.749.150	8.037.262	9.023.303	9.865.939	12.947.054	31,2%
Abate de aves [t] (e)	1.604.696	2.317.657	3.316.897	6.411.962	8.609.058	34,3%
Abate de bovinos [t] (e)	2.835.762	2.533.950	2.163.855	6.144.629	7.445.632	21,2%
Abate de suínos [t] (e)	729.545	824.572	672.962	2.886.889	4.075.714	41,2%
Leite pasteurizado [1000 L] (d)	4.054.000	3.150.000	1.630.000	1.550.000	1.690.000	9,0%

Fontes: (a) Unica, 2014; (b1) Abia, 2010; (b2) Abia, 2014; (c) IBA (2014); (d) ABVL, 2014; (e) IBGE - PIA - Produto, 1998 a 2004 e IBGE - Anuário estatístico, 1990 a 1993 e 2011.

Ressalta-se que os efluentes da indústria de açúcar e álcool, apesar do grande potencial de emissão de metano, devido à elevada geração de carga orgânica, não representam uma fonte de emissão de CH_4, pois seus efluentes são lançados no solo como fertilizante, sem tratamento anaeróbio. Foram consideradas nulas as emissões desse setor, da mesma forma que nos Inventários anteriores.

Na Tabela 3.119 são apresentados os dados de emissão de carga orgânica utilizados na estimativa, que multiplicados pela capacidade máxima de produção de CH_4 de 0,60 $kgCH_4.kgDBO^{-1}$ fornece o fator de emissão para cada setor industrial.

TABELA 3.119

Emissão de carga orgânica considerada para cada setor industrial

SETOR INDUSTRIAL	EMISSÃO DE CARGA ORGÂNICA (kg DBO / t)
Açúcar	200
Leite cru	16,8
Álcool	220
Celulose	64,8
Cerveja	9,45
Abate de aves	5,85
Abate de bovinos	32,5
Abate de suínos	32,5
Leite pasteurizado	16,8

As estimativas das emissões devido ao tratamento de efluentes industriais estão apresentadas na Tabela 3.120.

TABELA 3.120

Emissão de CH_4 pelo tratamento de efluente industrial

GÁS	1990	1995	2000	2005	2010	VAR. 2005/2010 (%)
	(Gg CH_4)					
CH_4	82,6	149,1	233,1	388,3	622,9	60,4%





CAPÍTULO IV
INCERTEZA DAS ESTIMATIVAS



CAPÍTULO IV
INCERTEZA DAS ESTIMATIVAS

As estimativas de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa, apresentadas neste Inventário, estão sujeitas a incertezas devido a diversas causas, desde a imprecisão de dados básicos utilizados até o conhecimento incompleto dos processos que originam as emissões ou remoções de gases de efeito estufa.

O *Good Practice Guidance* 2000 reconhece que a incerteza das estimativas não pode ser totalmente eliminada e que o objetivo principal deve ser o de produzir estimativas acuradas, ou seja, que não sejam nem subestimadas nem sobrestimadas, buscando, ao mesmo tempo e na medida do possível, aumentar a precisão das estimativas.

Seguindo essas recomendações, na geração das estimativas apresentadas neste Inventário, buscou-se assegurar que elas fossem não tendenciosas (sem viés). Para algumas atividades, esse objetivo não pode ser totalmente alcançado, seja pela impossibilidade de estimar valores para alguns subsetores, seja pela inadequação de parâmetros *default* utilizados na ausência de valores apropriados às condições nacionais. Esses casos foram assinalados nos itens anteriores.

A precisão das estimativas variou dependendo das características de cada setor, dos dados disponíveis e dos recursos que puderam ser investidos na determinação de fatores de emissão mais adequados às circunstâncias brasileiras. Nesse sentido, ênfase foi dada aos setores mais relevantes em termos de emissões de gases de efeito estufa.

A incerteza do inventário é função da incerteza associada a cada um dos dados de atividade e fatores de emissão e outros parâmetros utilizados nas estimativas. A quantificação da incerteza de cada dado é uma informação tão ou mais difícil de avaliar quanto a própria informação desejada.

Para muitos setores não foi possível fazer uma análise detalhada da incerteza das estimativas, uma vez que isso exigiria um esforço considerável de análise da acurácia e precisão das informações básicas utilizadas. Mesmo assim, uma avaliação geral da precisão do Inventário foi realizada com base no julgamento/conhecimento de especialistas nas áreas específicas e utilização de valores *default* descritos pelo IPCC. O objetivo foi apenas o de identificar os setores do Inventário em que maiores recursos deverão ser utilizados no futuro.

A precisão associada aos dados de atividade e aos fatores de emissão, assim como das estimativas de emissão ou remoção, são expressos na forma ± x%, significando os limites de um intervalo de confiança de 95% para o valor apresentado.

Considerando-se que a participação conjunta dos três gases mais importantes (CO_2, CH_4 e N_2O) é de mais de 99% em 2010, apenas esses três gases terão suas incertezas analisadas.

A análise das incertezas em cada setor foi feita na abordagem simplificada do *Good Practice Guidance* 2000, exceto para o setor de Tratamentos de Resíduos, que usou o método de Monte Carlo. As incertezas mostradas nas tabelas seguintes são as calculadas para o ano de 2010. Os gráficos seguintes mostram a série histórica das emissões com os limites superiores e inferiores indicados pelas incertezas calculadas para todos os anos.

4.1. INCERTEZA DAS ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE CO_2

Na Tabela 4.1, apresentam-se os resultados da análise de incerteza para as estimativas de emissão e remoção de CO_2.

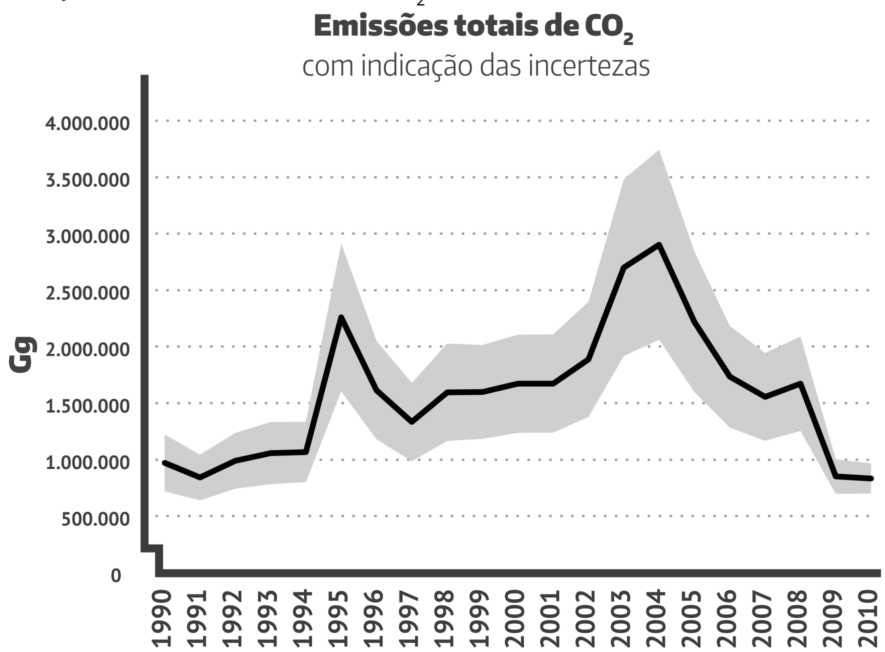
TABELA 4.1

Precisão das estimativas de emissão e remoção de CO_2 em 2010

SETOR	INCERTEZA (%)
Energia	3
Queima de Combustíveis Fósseis	3
Emissões Fugitivas	25
Mineração de Carvão	32
Extração e Transporte de Petróleo e Gás Natural	28
Processos Industriais	3
Produção de Cimento	4
Produção de Cal	10
Outros Usos do Calcário e da Dolomita	21
Produção de Ferro-gusa e Aço	6
Produção de Alumínio	6
Indústria Química	7
Outras Indústrias	4
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	32
Tratamento de Resíduos	57
TOTAL	**14**

FIGURA 4.1

Evolução das emissões brasileiras de CO_2, com os limites de incerteza



4.2. INCERTEZA DAS ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE CH_4

Na Tabela 4.2, apresentam-se os resultados da análise de incerteza para as estimativas de emissão de CH_4.

TABELA 4.2

Precisão das estimativas de emissão de CH_4 em 2010

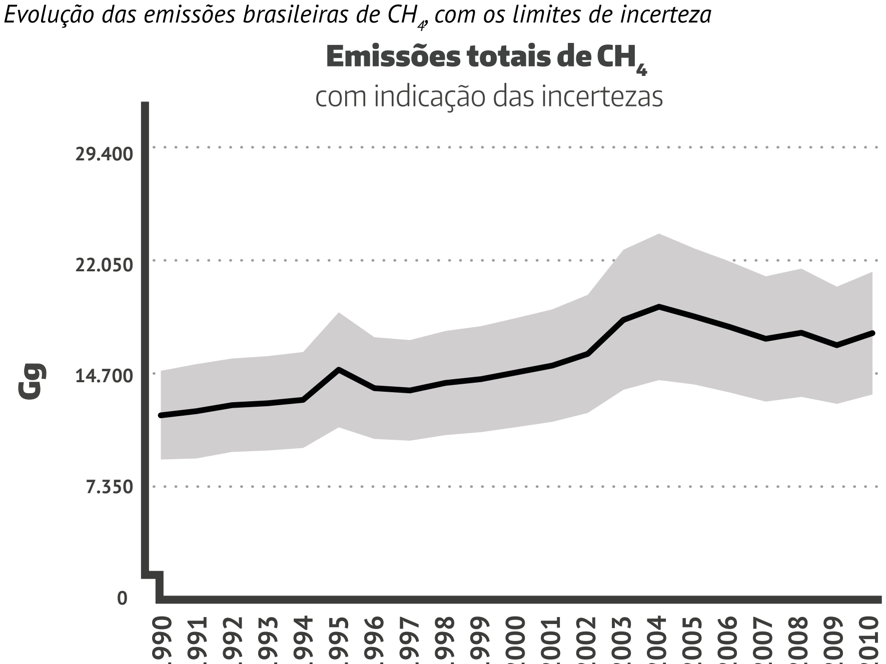
SETOR	INCERTEZA (%)
Energia	**54**
Queima de Combustíveis	73
Emissões Fugitivas	45
Mineração de Carvão	73
Extração e Transporte de Petróleo e Gás Natural	54
Processos Industriais	**11**
Ferro-gusa e Aço	15
Outros da Metalurgia	15
Indústria Química	17

continua na próxima página

SETOR	INCERTEZA (%)
Agropecuária	**31**
Fermentação Entérica	34
Manejo de Dejetos de Animais	38
Cultura de Arroz	45
Queima de Resíduos Agrícolas	32
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	**72**
Tratamento de Resíduos	**16**
Resíduos sólidos	23
Efluentes	23
Industriais	30
Domésticos	35
TOTAL	**24**

FIGURA 4.2

Evolução das emissões brasileiras de CH_4, com os limites de incerteza



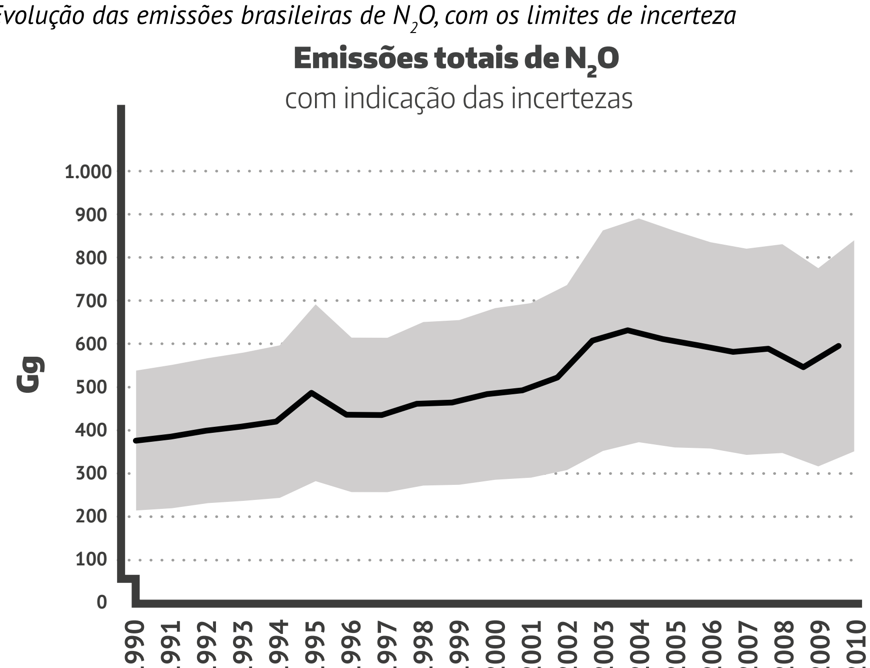
4.3. INCERTEZA DAS ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE N_2O

Na Tabela 4.3, apresentam-se os resultados da análise de incerteza para as estimativas de emissão de N_2O.

TABELA 4.3
Precisão das estimativas de emissão de N_2O em 2010

SETOR	INCERTEZA (%)
Energia	**101**
Processos Industriais	**9**
Indústria Química	5
Indústria Metalúrgica	16
Agropecuária	**49**
Manejo de Dejetos de Animais	43
Solos Agrícolas	51
Animais em Pastagem	81
Outras fontes diretas	54
Emissões Indiretas	102
Queima de Resíduos Agrícolas	51
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	**101**
Tratamento de Resíduos	**15**
TOTAL	**42**

FIGURA 4.3
Evolução das emissões brasileiras de N_2O, com os limites de incerteza

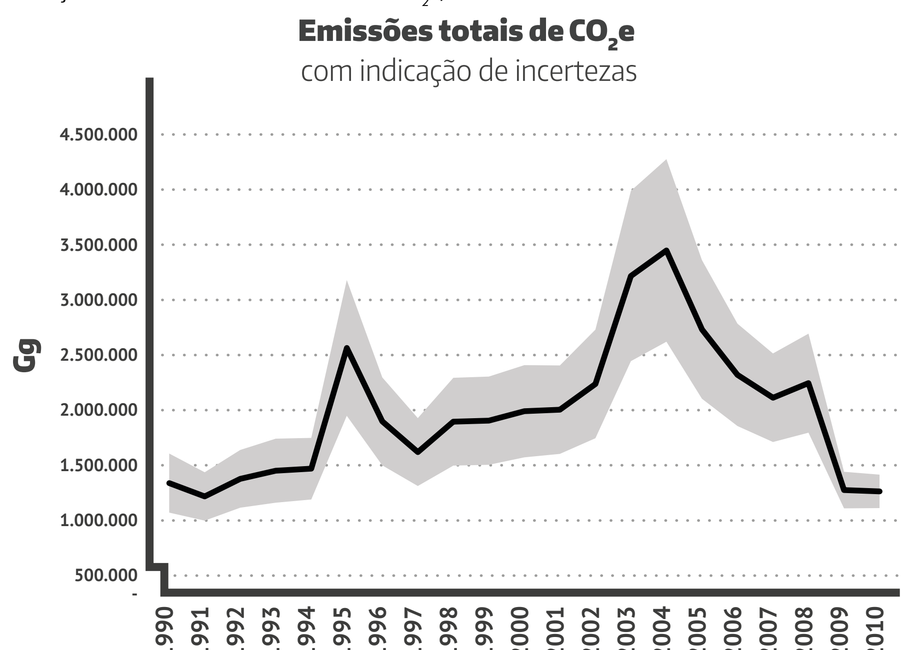


Uma comparação pode ser feita com as emissões em CO_2e. Para tanto, foram usados os valores do GWP-SAR.

TABELA 4.4
Precisão das estimativas de emissões brasileiras em CO_2e

GÁS	EMISSÕES 2010 (Gg)	INCERTEZA (%)	GWP	EMISSÕES 2010 (Gg CO_2e)
CO_2	739.671	14	1	739.671
CH_4	16.688,2	24	21	350.452
N_2O	560,49	42	310	173.752
TOTAL		**12**		**1.263.875**

FIGURA 4.4
Evolução das emissões brasileiras em CO_2e, com os limites de incerteza





REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

ABDALA, G.C. et al. (1998). **Above and belowground organic matter and root**: **shoot ratio in a cerrado in Central Brazil**. Brazilian Journal of Ecology, São Paulo, v.2, n.1, p.11–23.

ABETRE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos. (2006). **Panorama atual da incineração de resíduos industriais**. Brasília.

ABIA – Associação Brasileira da Indústria da Alimentação. (2014). **Produção de cerveja no Brasil entre 1990 a 2010**. [correspondência pessoal]. E-mail enviado pelo senhor Cleber Sabonaro do Departamento de Economia e Estatística - DECON da ABIA.

ABIC – Associação Brasileira da Indústria do Café. **Indicadores da Indústria de Café no Brasil – 2014**. Disponível em: http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=61#1910

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química e de Produtos Derivados. (1995). **Anuário da Indústria Química Brasileira.**

______. (1997). **Anuário da Indústria Química Brasileira**.

______. (2000). **Anuário da Indústria Química Brasileira**.

______. (2005). **Anuário da Indústria Química Brasileira.**

______. (2008). **Anuário da Indústria Química Brasileira.**

______. (2012). **Anuário da Indústria Química Brasileira**.

ABLV – Associação Brasileira da Indústria de Leite Longa Vida. (2014). Acesso em: julho 2014. Disponível em: http://www.ablv.org.br

ABPC – Associação Brasileira dos Produtos de Cal. (2014). *In*: BRASIL, 2014 - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima, 2014. **Relatório de Referência Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais – Produtos Minerais (Parte II)**: Cal / Usos do Calcário e Dolomita/Barrilha. Brasília: MCTI.

ABRABE – Associação Brasileira de Bebidas. (2014). Disponível em: http://www.abrabe.org.br/mercado.php.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. (2008). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2008**. São Paulo: ABRELPE.

______. (2009). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2009**. São Paulo: ABRELPE.

______. (2010). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010**. São Paulo: ABRELPE.

ACCIOLY, L.J.O. et al. (2008). **Biomassa nas Florestas de Caatinga nas Microrregiões do Seridó Oriental (RN) e Seridó Ocidental (PB).** In: XVII Reunião de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2008, Rio de Janeiro. Anais da XVII Reunião de Manejo e Conservação do Solo e da Água.

ALBUQUERQUE, E. R. G. M. (2015). **Biomassa de raízes em áreas com diferentes usos da terra e tipos de solos**. Tese de Doutorado (Botânica), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ALENCAR, A. A. et al. (2004). **Modeling forest understory fires in an eastern Amazonian landscape**. Ecological Applications, v.14, n.4, p.139-149.

ALENCASTRO GRACA, P.M.L. et al. (1999). **Burning of Amazonian forest in Ariquemes, Rondônia, Brazil: biomass, charcoal formation and burning efficiency**. Forest ecology and Management, v.120, n.1-3, p.179-191.

ALMEIDA, C. A. et al. (2009). **Metodologia para mapeamento da vegetação secundária na Amazônia Legal.** São José dos Campos: INPE. 32p. Disponível em: http://mtc-m19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2009/11.23.17.06/doc/publicacao.pdf?languagebutton=pt-BR.

ALVES, A. R. (2011). **Quantificação de biomassa e ciclagem de nutrientes em áreas de vegetação de Caatinga no município de Floresta, Pernambuco**. Tese de Doutorado (Manejo Florestal), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ALVES, D. et al. (1997). **Biomass of primary and secondary vegetation in Rondônia, Western Brazilian Amazon**. Global Change Biology, v.3, n.5, p.451-461.

ALVES, L. F. et al. (2010). **Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest (Brazil)**. Forest Ecology and Management, v. 260, n. 5, p. 679–691, 2010.

AMARO, M. A. et al. (2013). **Estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma floresta estacional semidecidual em viçosa, minas gerais**. Revista Árvore, Viçosa, n.*37, v.*(5), p. 849-857, 2013.

AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. (2005). **Flora e estrutura da vegetação arbustivo arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN**. Acta Botanica Brasilica, v.19, p.615-623.

ARAÚJO, T. M. et al. (1999). **Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Pará, Brazil**. Forest Ecology Management, v. 117(1-3), p. 43-52.

ASNER, G. P. et al. (2005). **Selective logging in the Amazon**. Science, v. 310, p. 480–482.

ASSIS, M.A. et al. (2011). **Florestas de restinga e de terras baixas na planície costeira do sudeste do Brasil**: vegetação e heterogeneidade ambiental; **Restinga and Lowland forests in coastal plain of southeastern Brazil**: vegetation and environmental heterogeneity. Biota neotropical, v.11, n.2, p.103–121.

BAHIA, T.O. et al. (2009). **Florística e fitossociologia de veredas em diferentes estágios de conservação na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais**. MG. Biota, Belo Horizonte, v.2, n.3, p. 14-21.

BAKER, T.R. et al. (2004). **Increasing biomass in Amazonian forest plots**. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, London, v.359, n.1443, p. 353-365.

BALCH, J.K. et al. (2008). **Negative fire feedback in a transitional forest of southeastern Amazonia.** Global Change Biology, v.14, n.10, p.2276-2287.

BARBOSA, R. I.; FEARNSIDE, P. M. (1999). **Incêndios na Amazônia brasileira**: Estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento El Niño (1997/1998). Acta Amazonica, v. 29, p. 513-534.

BARBOSA, R.I.; FEARNSIDE, P.M. (2005). **Above-ground biomass and the fate of carbon after burning in the savannas of Roraima, Brazilian Amazonia**. Forest Ecology and Management, v.216*, n.*1, p.295-316.

BARBOSA, R.I.; FERREIRA, C.A.C. (2004). **Biomassa acima do solo de um ecossistema de "campina" em Roraima, norte da Amazônia Brasileira**. Acta Amazonica, Manaus, v.34, n.4, p.577-586.

BARBOSA, R.I. et al. (2010). **Ecossistemas terrestres de Roraima**: Área e modelagem espacial da biomassa. IN: BARBOSA, R.I.; MELO, V.F. (Ed.). **Roraima**: Homem, Ambiente e Ecologia. 1.ed. Boa Vista: FEMACT, p.347-368.

BERNOUX, M. et al. (2002). **Brazil's soil carbon stocks**. Soil Science Society of America Journal, v. 66, p. 888-896, 2002.

BOINA, A. (2008). **Quantificação de estoques de biomassa e de carbono em Floresta Estacional Semidecidual, Vale do Rio Doce, Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado (Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BONGERS, F. et al. (1985). **Phytomass structure of natural plant communities on spodosols in southern Venezuela**: the Bana woodland. Vegetation, v.63, n.1, p.13-34.

BORGO, M. (2010). **A Floresta Atlântica do litoral norte do Paraná, Brasil**: aspectos florísticos, estruturais e estoque de biomassa ao longo do processo sucessional. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BONINO, E.E. (2006). **Changes in carbon pools associated with a land-use gradient in the Dry Chaco, Argentina**. Forest Ecology and Management, v. 223, p. 183-189.

BRACELPA – Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Relatório Estatístico 2009-2010**. Disponível em: <http://bracelpa.org.br/bra2/?q=node/461>.

BRACK, P. et al. (2009). **Levantamento preliminar da flora e da vegetação do vale do rio Pelotas, no município de Bom Jesus, RS, e a importância de sua conservação**. INGA Estudos Ambientais, Porto Alegre.

BRASIL. (2004). Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília: MCT, 274p.

_____. (2010). Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília: MCTI.

_____. (2011). Ministério das Minas e Energia. **Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico, 2011**. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – MME.

_____. (2013). Ministério de Minas e Energia. **Balanço energético nacional, 2013**. Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html.

_____. (2006). Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço energético nacional 2006: ano base 2005**. Rio de Janeiro: EPE.

_____. (2004). Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Relatório de Referência Emissões de Gases do Efeito Estufa no Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas – Emissões de CO_2 pelo Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas**. Brasília: MCT. 105p. Acesso em: 9 abr. 2010. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0213/213346.pdf>.

_____. (2004). Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Relatório de Referência Emissões de Gases do Efeito Estufa no Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas – Emissões de CO_2 pelo Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas**. Brasília: MCT. 105p. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0213/213346.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2013.

BRITEZ, R. M. de. et al. (2006). **Estoque e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na floresta atlântica do sul do Brasil**. Colombo: EMBRAPA Florestas. 165 p.

_____. **Estoque e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na Floresta Atlântica do Sul do Brasil**. Dados eletrônicos. Colombo - PR: EMBRAPA Florestas (CD ROM).

BROWN, S. (1997). **Estimating biomass and biomass change of tropical forests**: a primer (Vol. 134). Food & Agriculture Org.

BRUN, E.J. (2004). **Biomassa e Nutrientes na Floresta Estacional Decidual no município de Santa Tereza – RS. 2004**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Santa Maria, UFSM, Santa Maria.

CABIANCHI, G.M. (2010). **Ciclagem de nutrientes via serapilheira em um fragmento ciliar do rio Urupá, Rondônia**. 103 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, USP, Piracicaba.

CABRAL, G. A. L. et al. (2013). **Estrutura Espacial e Biomassa da Parte Aérea em Diferentes Estádios Sucessionais de Caatinga, em Santa Terezinha, Paraíba**. Revista Brasileira de Geografia Física, vol. 6, n.03.

CAÑA, B.B. et al. (2012). **Relação entre biomassa aérea vegetal e NDVI no bioma Pampa**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, XVI, 2012, Foz do Iguaçu. Anais. Foz do Iguaçu, p.2802.

CARDOSO, A.S. et al. (2008). **Uma evidência de que a FBN não é uma fonte direta de N_2O na cultura da soja**. In: FERTBIO, Londrina – PR.

CARDOSO, E. L. et al. (2000). **Composição e dinâmica da biomassa aérea após a queima em savana gramíneo-lenhosa no Pantanal**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2309-2316.

CARDOSO, E.L. et al. (2003). **Efeitos da queima na dinâmica da biomassa aérea de um campo nativo no Pantanal**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 38, n. 6, p. 747-752.

CARVALHO, Jr A. et al. (1995). **A tropical rainforest clearing experiment by biomass burning in the Manaus region.** Atmospheric Environment, v.29, n.17, p.2301-2309.

CARVALHO, Jr. A. et al. (1998). **Combustion completeness in a rainforest clearing experiment in Manaus, Brazil**. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, v. 103(D11), p.13195-13199, 1998.

CARVALHO, Jr A. et al. (2001). **Biomass fire consumption and carbon release rates of rainforest–clearing experiments conducted in Northern Mato Grosso, Brazil**. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, v.106, n.D16, p.17877-17887.

CASTRO, E.A.; KAUFFMAN, J.B. (1998). **Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado**: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. Journal of tropical ecology, Sussex, v.14, n.03, p.263-283.

CATTANIO, J. H. et al. (2004). **Phenology, litterfall, growth, and root biomass in a tidal floodplain forest in the Amazon estuary**. Revista Brasileira de Botânica, v.27, n.4, p.703-712.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2011a). **Relatório da Qualidade do Ar no Estado de São Paulo**. São Paulo.

________. (2011b). 1º **Relatório de Referência do Estado de São Paulo de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, Período de 1990 a 2008**. São Paulo.

________. (2013). **Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2012**. São Paulo.

CHAO, K.J. et al. (2008). **Wood density and stocks of coarse woody debris in a northwestern Amazonian landscape**. Canadian Journal of Forest Research, v. 38, p. 795–805.

CHAVE, J. et al. (2005). **Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests**. Oecologia, v. 145, p. 87-99.

CIANCIARUSO, M.V. et al. (2010). **Aboveground biomass of functional groups in the ground layer of savannas under different fire frequencies**. Australian Journal of Botany, Collingwood, v.58, n.3, p.169-174.

COELHO, M.S. et al. (2012). **Floristic composition and structure of a tropical dry forest at different successional stages in the Espinhaço Mountains, southeastern Brazil**. Interciência, v.37, n.3, p.190-196.

COGLIATTI-CARVALHO, L.; MATTOS-FONSECA, S. (2004). **Quantificação da biomassa e do carbono em *Rhizophora mangle, Avicennia shaueriana e Laguncularia racemosa* no manguezal da laguna de Itaipu, Niterói-RJ**. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 6., 2004, São José dos Campos. Programa e Resumos. São José dos Campos: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, INPA.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. (2010). **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, décimo primeiro levantamento, agosto 2010. Brasília, DF: CONAB, v. 1, n.11. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/8218897d1eb5849906fc53856bddc894..pdf

CORINAIR – Core Inventory Air Emissions.(1996). **Atmospheric Emission Inventory Guidebook** – Solvent and Other Product Use. Primeira Edição, EMEP - Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long Range Transmission of Air Polluents in Europe.

COSTA, T. L. (2013). **Biomassas radiculares e áreas em comunidades de Caatinga**. Dissertação de mestrado (Botânica), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

COSTA, T.L. et al. (2014). **Root and shoot biomasses in the tropical dry forest of semi-arid Northeast Brazil.** Plant and soil, v.378, n.1-2, 113-123.

CUMMINGS, D.L. et al. (2002). **Aboveground biomass and structure of rainforests in the southwestern Brazilian Amazon**. Forest Ecology and Management, v. 163, p. 293-307.

CUNHA, G.M. et al. (2009). **Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da Mata Atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.33, p.1175-1185.

CUNHA, S.R. et al. (2005). **Production dynamics of Spartina alterniflora salt marshes in the estuary of Patos Lagoon (RS, Brazil)**: a simulation model approach. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology, Itajaí, v.9, n.2, p.75-85.

DELITTI, W.B.C. et al. (2006). **Biomass and mineralmass estimates in a" Cerrado" ecosystem**. Brazilian Journal of Botany, São Paulo, v.29, n.4, p.531-540.

DUARTE, M.M.; BENCKE, G.A. (2006). Plano de Manejo do Parque Estadual de Itapeva, RS.

DURIGAN, G. (2004). Estimativas de estoque de carbono na vegetação natural do estado de São Paulo. In G. DURIGAN (Ed.) Oportunidades de negócios em segmentos produtivos nacionais. pp. 1-6. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2004.

EMBRAPA. (2003). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos.

EMBRAPA (2013). Embrapa Arroz e Feijão. Home Page. Acesso em: Março 2014. Disponível em: http://www.cnpaf.embrapa.br/transferencia/informacoestecnicas/index.php

EMBRAPA (2014). Embrapa Arroz e Feijão. Home Page. Acesso em: Julho 2014. Disponível em: http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm

ESTRADA, G. C. D. et al. (2014). **The economic evaluation of carbon storage and sequestration as ecosystem services of mangroves**: a case study from southeastern Brazil. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management, 2014.

FAO. (2010). **Global forest resources assessment**. FRA 2010. Rome: FAO. 340 p.

FEARNSIDE, P. M. (1992). **Forest biomass in Brazilian Amazonia**: comments on the estimate by Brown and Lugo. Interciencia, v. 17, p. 19‒27.

FEARNSIDE, P.M. et al. (1993). **Rainforest burning and the global carbon budget: Biomass, combustion efficiency, and charcoal formation in the Brazilian Amazon**. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, v.98, n.D9, p.16733-16743.

FEARNSIDE, P.M.; GUIMARÃES, W.M. (1996). **Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazonia**. Forest Ecology and Management, v.80, n.1, p.35-46.

FEARNSIDE, P.M. et al. (1999). **Tropical forest burning in Brazilian Amazonia: measurement of biomass loading, burning efficiency and charcoal formation at Altamira, Pará**. Forest Ecology and Management, v.123, n.1, p.65-79.

FEARNSIDE, P.M. et al. (2001). **Burning of Amazonian rainforests: burning efficiency and charcoal formation in forest cleared for cattle pasture near Manaus, Brazil**. Forest Ecology and Management, v.146, n.1, p.115-128.

FEARNSIDE, P.M. et al. (2009). **Biomass and greenchouse-gas emissions from land-use change in Brazil's Amazonian "arc of deforestation"**: The states of Mato Grosso and Rondônia. Forest Ecology Management, v. 258, p. 1968-1978.

FELDPAUSCH, T.R. et al. (2007). **Secondary forest growth deviation from chronosequence predictions in central Amazonia**. Global Change Biology, v.13, n.5, p.967-979.

FELFILI, M.C. (2008). **Proposição de critérios florísticos, estruturais e de produção para o manejo do cerrado *sensu stricto* do Brasil central**. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, UnB, Brasília.

FERNANDES, A.H.B.M. et al. (2008). **Estoques de Carbono do Estrato Arbóreo de Cerrados no Pantanal da Nhecolândia**. Circular Técnica - 68. Corumbá: EMBRAPA Pantanal. 5 p.

FERNANDES, M.E. (1997). **The ecology and productivity of mangroves in the Amazon region, Brazil**. Tese de Doutorado – York University.

FERRAZ, E.M.N.; RODAL, M.J.N. (2006). **Caracterização fisionômica-estrutural de um remanescente de floresta ombrófila montana de Pernambuco, Brasil**. Acta Botânica Brasilica, Belo Horizonte, v.20, n.4, p.911-926.

FIDELIS A. et al. (2006). **Efeito do fogo na biomassa aérea e subterrânea dos Campos Sulinos**. In: XXI REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL – Grupo Campos: Desafios e oportunidades do Bioma Campos frente à expansão e intensificação agrícola, 4-01, Pelotas: EMBRAPA – Clima Temperado.

FIDELIS, A. et al. (2010). **Fire intensity and severity in Brazilian campos grasslands**. Interciencia, v.35, n.10, p.739-745.

FIDELIS, A. et al. (2013). **Above‒and below‒ground biomass and carbon dynamics in Brazilian Cerrado wet grasslands**. Journal of Vegetation Science, v.24, n.2, p.356-364.

FRANÇOSO, R.D. et al. (2013). **Análise biogeográfica de espécies arbóreas do Cerrado como subsídio à criação de unidades de conservação**. Relatório Técnico não publicado. Brasília: Laboratório de Planejamento para Conservação da Biodiversidade, Universidade de Brasília. 6p.

FROMARD, F. et al. (1998). **Structure, above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems**: new data from French Guiana. Oecologia, v.115, n.(1-2), p.39-53.

GAMA, J.R.V. et al. (2007). **Fitossociologia de duas fitocenoses de floresta ombrófila aberta no município de Codó, Estado do Maranhão**. Revista Árvore, Viçosa, v.31, n.3, p.465-477.

GARIGLIO, M.A. et al. (2010). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 367p.

GASPARRI, N.I. et al. (2008). **Carbon pools and emissions from deforestation in extra-tropical forests of northern Argentina between 1900 and 2005**. Ecosystems, v.11, n.8, p.1247-1261.

GIBSON, D.J. (2009). **Grasses and grassland ecology**. New York: Oxford University Press, 305p.

HAIDAR, R.F. (2008). **Fitossociologia, Diversidade e sua relação com variáveis ambientais em florestas estacionais do bioma Cerrado no Planalto Central e Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. Brasília.

HAIDAR, R.F. et al. (2013). **Mapeamento das Regiões Fitoecológicas e Inventário Florestal do estado do Tocantins**. Palmas: SEPLAN, 136p.

HIGUCHI, N. et al. (1998). **Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira**. Acta Amazonica, v.28, n.2, p.153-165.

HOLDSWORTH, A.R.; UHL, C. (1997). **Fire in eastern Amazonian logged rain forest and the potential for fire reduction**. Ecological Application, V. 7, p. 713–725.

HUANG, M.; ASNER, G.P. (2010). **Long–term carbon loss and recovery following selective logging in Amazon forests**. Global Biogeochemical Cycles, v.24, n.3.

HUTCHISON, J. et al. (2013). **Predicting global patterns in mangrove forest biomass**. Conservation Letters, v.7, n.3, p.233-240.

IMAÑA-ENCINAS, J. et al. (1995). **Fitossociologia dos indivíduos jovens da mata ciliar do córrego Capãozinho**. Revista Árvore, Viçosa, v. 19, n. 2, p.157-170.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2004). **Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação**. Rio de Janeiro, IBGE. Disponível em: http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm

________. (2012). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, Séries Manuais Técnicos em Geociências, n. 1.

IPCC/OECD/IEA – Intergovernmental Panel On Climate Change, Organisation For Economic Co-Operation and Development & International Energy Agency. (1997) **Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Bracknell.

IPCC – Intergovernmental Panel On Climate Change. (2003). **Good Practice Guidance for Land Use, Land–Use Change and Forestry**. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies.

________. (2006). **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies.

ISAIA, E.M.B.I. et al. (1992). **Avaliação do estoque lenheiro do Estado do Rio Grande do Norte**. 1ª etapa: Estratificação da vegetação nativa lenhosa através de composições coloridas do sensor TM landsat. Projeto PNUD/FAO/BRA/IBAMA/87/007, n.4, Natal.

JACOBI, U.S. et al. (2013). **Florística dos ecossistemas do Campus Carreiros, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil**. IHERINGIA Série Botânica, Porto Alegre, v.68, n.1, p.73-89.

KAUFFMAN, J.B. et al. (1994). **Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian cerrado**. Journal of Ecology, v.82, n.3, p.519-531.

KAUFFMAN, J.B. et al. (1995). **Fire in the Brazilian Amazon: 1. Biomass, nutrient pools, and losses in slashed primary forests.** Oecologia, n.104, v.4, p.397-408.

KLAUBERG, C. et al. (2010). **Florística e estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense.** Biotemas, v.23, n.1, p.35-47.

KNAK, R.B. (1999). **Plano de Manejo do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Rio Grande**: FNMA-FURG-IBAMA-NEMA-UFPel.

KRISTENSEN, E. et al. (2008). **Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems**: a review. Aquatic Botany, v.89, n.2, p.201-219.

LIMA, J.R. et al. (2009). **Composição florística da floresta estacional decídua montana de Serra das Almas, CE, Brasil**. Acta Botanica Brasilica, Belo Horizonte, v.23, n.3, p.756-763.

LINDNER, A.; SATTLER, D. (2011). **Biomass estimations in forests of different disturbance history in the Atlantic Forest of Rio de Janeiro, Brazil.** New Forests, v.43, n.3, p.287-301.

MALHI, Y. et al. (2006). **The regional variation of aboveground live biomass in old–growth Amazonian forests**. Global Change Biology, v.12, n.7, p.1107-1138.

MANRIQUE, S. et al. (2009). **Estimacion de densidad de biomasa aerea em ecosistemas naturales de la provincia de salta**. Avances em Energías Renovables y Medio Ambiente, v.13, n.6, p. 37-45.

MATRICARDI, E. et al. (2010). **Assessment of tropical forest degradation by selective logging and fire using Landsat imagery**. Remote Sensing of Environment, v. 114, p. 1117–1129.

MEDEIROS, T.C.C.; SAMPAIO E.V.S.B. (2008). **Allometry of aboveground biomasses in mangrove species in Itamaracá, Pernambuco, Brazil**. Wetlands Ecology Management, v.16, p.323-330

MELO, A.C.G.; DURIGAN, G. (2006). **Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil**. Scientia forestalis, São Paulo, v.71, p.149-154.

MENDONÇA, A.V.R. et al. (2013). **Estimação de biomassa aérea de espécies da caatinga no norte da Bahia**. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 33, n. 76.

MENEZES, R.S.C. et al. (2012). **Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome**. Brazilian Journal of Biologyv.72 (3).

METZKER, T. et al. (2011). **Forest dynamics and carbon stocks in Rio Doce State Park** – an Atlantic rainforest hotspotr. Current Science, v.100, n.12, p.1855-1862.

MIRANDA, S.C. (2012). **Variação espacial e temporal da biomassa vegetal em áreas de Cerrado**. Tese de Doutorado (Doutorado em Ecologia). Brasília: Universidade de Brasília.

MIRANDA, S.C. et al. (2014). **Regional Variations in Biomass Distribution in Brazilian Savanna Woodland**. Biotropica, v.46, n.2, p.125-138.

MITCHARD, E.T.A. et al. (2014). **Markedly divergent estimates of Amazon forest carbon density from ground plots and satellites.** Global Ecology and Biogeography, V.23, n. 8, p.935-946

MOKANY, K. et al. (2006). **Critical analysis of root**: shoot ratios in terrestrial biomes. Global Change Biology, v.12, n.1, p.84-96.

MORAIS, V.A. et al. (2013). **Carbon and biomass stocks in a fragment of cerradão in Minas Gerais state, Brazil**. Cerne, Lavras, v.19, n.2, p.237-245.

MOREIRA-BURGER, D.; DELITTI, W.B. (1999). **Fitomassa epigéa da mata ciliar do Rio Mogi-Guaçu, Itapira-SP**. Brazilian Journal of Botany, São Paulo, v.22, n.3, p.429-435

NASCIMENTO, M.T. et al. (2007). **Above-ground biomass changes over an 11-year period in an Amazon monodominant forest and two other lowland forests**. Plant Ecology, v.192, n.2, p.181-191.

NEPSTAD, D.C. et al. (1999). **Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire**. Nature, v.398, n.6727, p.505-508.

NOGUEIRA, E.M. et al. (2008). **Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon**: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. Forest Ecology and Management, v.256, n.11, p.1853-1867.

OLIVEIRA, M.S. et al. (2009). **Avaliação da biomassa aérea e subterrânea dos campos sulinos**. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, IX, 2009, São Lourenço. Anais. São Lourenço, p.1.

OTTMAR, R.D. et al. (2001). **Stereo photo series for quantifying cerrado fuels in Central Brazil**. Volume I, Portland, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 87p.

PADILHA, D.R.C. (2011). **Fitossociologia e estimativas da biomassa aérea e de carbono em chaco florestado no Brasil. Dissertação de metrado (Mestrado em Biologia Vegetal)**. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

PAREYN, F. (2014). Departamento de Energia Nuclear. Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Campus Recife. Comunicação pessoal.

PARUELO, J.M. et al. (2010). **Carbon stocks and fluxes in rangelands of the Río de la Plata Basin**. Rangeland Ecology & Management, v.63, n.1, p.94-108.

PAULA, J.E. et al. (1990). **Estudo dendrométrico e ecológico de mata ripária da região Centro-Oeste**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.25, n.1, p.43-55.

PAULA, J.E. et al. (1993). **Inventário de um hectare de mata ripária**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.28, n.2, p.143-152.

PAULA, J. E. et al. (1998). **Levantamento quantitativo em três hectares de vegetação de cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.33, n.5, p.613-620.

PEREIRA, D.G.S. (2013). **Conexões estruturais e florísticas de ecounidades da vegetação arbórea de uma planície inundável no médio São Francisco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Lavras: Universidade Federal de Lavras.

PEREIRA, S.B.A. et al. (2011). **Florestas estacionais no cerrado: uma visão geral**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.41, n.3.

PINHEIRO, E.D.S. (2008). **Análises ecológicas e sensoriamento remoto aplicados à estimativa de fitomassa de Cerrado na estação ecológica de Assis, SP**. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). São Carlos: Universidade de São Paulo (USP).

PIRES, L.A. et al. (2006). **Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil**. Acta Botanica Brasilica, Belo Horizonte, v.20, n.1, p.173-184.

RAMASWAMY, V. et al. (2001). **Radiative forcing of climate change**. In: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmntal Panel on Climate Change [J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noquer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson (eds.)]. Cambride University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 349-416.

RAMOS E SILVA, C.A. et al. (2007). **Dynamics of phosphorus and nitrogen through litter fall and decomposition in a tropical mangrove forest**. Marine environmental research, v.64, n.4, p.524-534.

REZENDE, A.V. et al. (2006). **Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado *sensu stricto* em Brasília, DF**. Scientia Florestalis, Piracicaba, v.7, p.65-76.

RIBEIRO, S. C. et al. (2009). **Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais**. Revista Árvore, Viçosa, v.33, n.5, p.917-926.

RIBEIRO, S.C. et al. (2011). **Above-and Belowground biomass in a Brazilian Cerrado**. Forest Ecology and Management, v.262, n.3, p.491-499.

ROCHA, H.R.D. et al. (2002). **Measurements of CO_2 exchange over a woodland savanna (Cerrado *sensu stricto*) in southeast Brasil**. Biota Neotropica, São Paulo, v.2, n.1, p.1-11.

ROLIM S. G. et al. (2005). **Biomass change in an Atlantic tropical moist forest**: the ENSO effect in permanent sample plots over a 22-year period, Oecologia, v. 142, n. 2, p. 238 – 246.

SALIS, S.M. et al. (2004). **Equações para estimar biomassa e volume de madeira em cerradões do Pantanal da Nhecolândia, MS**. Circular Técnica. EMBRAPA Pantanal.

SALOMÃO, R.D.P. et al. (2007). **Dinâmica da regeneração natural de árvores em áreas mineradas na Amazônia**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, v.2, n.2, p.85-139

SAMPAIO, V. S. B.; COSTA, T. L. (2011). **Estoques e Fluxos de Carbono no Semi-Árido Nordestino**: Estimativas Preliminares. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 6, p. 1275-129

SANTOS, N.M. (2013). **Os manguezais do complexo estuarino de Paranaguá: Variações interdecadais, distribuição da biomassa aérea e formas de uso da madeira**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos) – Universidade Federal do Paraná, UFPR, Paraná.

SCARANELLO, M.A.D.S. (2010). **Dinâmica da comunidade arbórea de floresta ombrófila densa de terras baixas e de restinga no Parque Estadual da Serra do Mar, SP**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências). Piracicaba: Universidade de São Paulo (USP).

SCARIOT, A.; SEVILHA, A.C. (2005). **Biodiversidade, estrutura e conservação de florestas estacionais deciduais no Cerrado**. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M. Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: MMA, p.123-139.

SCHÖNGART, J. et al. (2011). **Age-related and stand-wise estimates of carbon stocks and sequestration in the aboveground coarse wood biomass of wetland forests in the Northern Pantanal, Brazil**. Biogeosciences, v.8, n.11, p.3407-3421

SCOLFORO, J.R. et al. (2008a). **Volumetria, peso de matéria seca e carbono**. In: SCOLFORO, J.R.; MELLO, J.M.; OLIVEIRA, A.D. (Ed.). **Inventário Florestal de Minas Gerais**: Cerrado - Florística, Estrutura, Diversidade, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Áreas Aptas para Manejo Florestal. Lavras: UFLA, p.361-438.

SCOLFORO, J.R. et al. (2008b). **Volumetria, peso de matéria seca e carbono para o domínio da caatinga**. In: MELLO, J.M.; SCOLFORO, J.R.; CARVALHO, L.M.T. (Ed.). **Inventário Florestal de Minas Gerais: Floresta Estacional Decidual – Florística, Estrutura, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Manejo Florestal**. Lavras: UFLA, p.157-208.

SCOLFORO, J.R. et al. (2008c). **Volumetria, peso de matéria seca e carbono para o domínio atlântico em Minas Gerais**. In: SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M.; SILVA, C. P. de C. (Ed.). **Inventário Florestal de Minas Gerais**: Floresta Estacional Semidecidual e Ombrófila - Florística, Estrutura, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Manejo Florestal. Lavras: UFLA, p.461-630.

SILVA, C.A.R. et al. (1998). **Distribution and fluxes as macrodetritus of phosphorus in red mangroves, Sepetiba Bay, Brazil**. Mangroves and Salt Marshes, v.2, p.37–42.

SILVA, F.B.R. et al. (2001). **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos.

SILVA, R.M.D. et al. (2010). **The coastal restinga vegetation of Pará, Brazilian Amazon**: a synthesis. Brazilian Journal of Botany, v.33, n.4, p.563-573

SILVA, J.S.V.; CAPUTO, A.C.B. (2010). **Localização e distribuição da vegetação Savana Estépica (Chaco) no Pantanal brasileiro**. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 3, Cáceres, Anais. p. 314-323.

SILVEIRA, V.X. (2009). **Estrutura da biomassa vegetal e serapilheira em fragmentos de floresta ombrófila aberta impactados pelo uso da terra, Rondônia**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Porto Velho: Universidade Federal de Rondônia (UNIR)

SOCHER, L.G. et al. (2008). **Biomassa aérea de uma floresta ombrófila mista aluvial no município de Araucária (PR)**. Floresta, Curitiba, v.38, n.2, p.245-252.

SOUSA NETO, E. et al. (2011). **Soil-atmosphere exchange of nitrous oxide, methane and carbon dioxide in a gradient of elevation in the coastal Brazilian Atlantic forest**. Biogeosciences, v.8, p.733-742.

SOUZA, L.Q. et al. (2012). **How much nitrogen is fixed by tropical dry forest?** 1. Trees and shrubs. Nutrient Cycling in Agroecosystems, v.94, p.171-179.

STAPE, J.L. et al. (2011). **Estimativas das taxas de sequestro de carbono na Reserva Particular do Patrimônio Natural SESC Pantanal**. 1. ed. Rio de Janeiro: SESC, Serviço Social do Comércio, v.1. 143p.

TIEPOLO, G. et al. (2002). **Measuring and monitoring carbon stocks at the Guaraqueçaba climate action project, Paraná, Brazil**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST CARBON SEQUESTRATION AND MONITORING, 2002. Taiwan. Anais. Taiwan: Taiwan Forestry Research Institute, 2002. p.98-115.

TIESSEN, H. et al. (1998). **Carbon sequestration and turnover in semiarid savannas and dry forest**. Climatic change, v.40, n.1, p.105-117.

TORRES, C.M.M.E. et al. (2013). **Quantificação de bomassa e estocagem de carbono em uma floresta estacional semidecidual, no Parque Tecnológico de Viçosa, MG**. Revista Árvore, Viçosa, v.37, n.4, p.647-655.

VASCONCELOS, S. S. et al. (2005). **Evolução de focos de calor nos anos de 2003 e 2004 na região de Madre de Dios/Peru - Acre/Brasil - Pando/Bolívia (MAP): uma aplicação regional do banco de dados INPE/IBAMA.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, pp. 3411-3417.

VEIGA, L.G. (2010). **Estoque de madeira morta ao longo de um gradiente altitudinal de Mata Atlântica no nordeste do estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Biologia Vegetal). Campinas: Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

VERÍSSIMO, A. et al. (1995). **Extraction of a high-value natural resource in Amazônia**: the case of mahogany. Forest Ecology and Management, v. 72(1), p. 39-60.

VIEIRA, S.A. et al. (2011). **Stocks of carbon and nitrogen and partitioning between above–and belowground pools in the Brazilian coastal Atlantic Forest elevation range**. Ecology and evolution, v.1, n.3, p.421-434.

VOGEL, H. L. M. et al. (2006). **Quantificação da biomassa em uma floresta estacional decidual em Itaara, RS, Brasil**. Ciência Florestal, v.16, n.4, p.419-425.

WARD, D.E. et al. (1992). **Smoke and fire characteristics for cerrado and deforestation burns in Brazil: BASE–B experiment.** Journal of Geophysical Research: Atmospheres, v.97, n.D13, p.14601-14619.

WATZLAWICK, L.F. et al. (2012). **Stock of biomass and carbon in the montane mixes shade forest, Paraná**. Scientia Forestalis, Piracicaba, v.40, n.95, p.353-362.

WITTMANN, F. et al. (2008). **Tree species composition, structure, and aboveground wood biomass of a riparian forest of the Lower Miranda River, southern Pantanal, Brazil**. Folia Geobotânica, v.43, n.4, p.397-411.

XAVIER, G.P.S. (2009). **Mudanças no estoque de carbono da biomassa lenhosa de florestas de várzea baixa da Amazônia Central ao longo de um gradiente sucessional**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Biológicas). Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa).



APÊNDICE I

DESCRIÇÃO METODOLÓGICA PARA O INVENTÁRIO DE EMISSÕES DO SETOR USO DA TERRA, MUDANÇA DO USO DA TERRA E FLORESTAS

APENDICE I

DESCRIÇÃO METODOLÓGICA PARA O INVENTÁRIO DE EMISSÕES DO SETOR USO DA TERRA, MUDANÇA DO USO DA TERRA E FLORESTAS

1. DETALHAMENTO METODOLÓGICO PARA O SETOR USO DA TERRA, MUDANÇA DO USO DA TERRA E FLORESTAS

1.1. REPRESENTAÇÃO DO TERRITÓRIO

O território nacional foi subdividido em unidades espaciais (células) na forma de polígonos, que resultaram da integração dos seguintes dados (planos de informação/layers):

- Biomas brasileiros;
- Limites municipais;
- Vegetação pretérita (fitofisionomias);
- Tipos de solo;
- Áreas manejadas (Unidades de Conservação e Terras indígenas);
- Uso e cobertura da terra dos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal em 1994, 2002 e 2010; e,
- Uso e cobertura da terra do bioma Amazônia em 1994, 2002, 2005 e 2010.

O cruzamento desses planos de informações gerou, para cada ano analisado, polígonos que recobrem todo o território nacional, cada qual pertencendo a um bioma, município, tipo de solo, fitofisionomia e uso/cobertura da terra nos anos de interesse. A consulta aos polígonos georeferenciados permite identificar se ocorreram ou não mudanças no uso/cobertura da terra entre os anos estudados (por exemplo, áreas de floresta primária convertida para outros usos e áreas agrícolas que permanecem como áreas agrícolas). A partir do cruzamento dessas informações em associação com os dados dos estoques de carbono mencionados anteriormente, foi possível estimar as emissões e remoções de CO_2 para os períodos considerados. Cada um dos planos de informação (layers) é detalhado a seguir.

Biomas brasileiros

A divisão do território em seis grandes biomas foi baseada nos limites definidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004), realizada em cooperação com o Ministério do Meio Ambiente (MMA). Essa

divisão está associada a fatores ambientais, como o tipo de vegetação predominante, o relevo e/ou as condições climáticas da região. A distribuição e área dos biomas são apresentados na Figura A1.1 e Tabela A1.1.

FIGURA A1.1

Distribuição dos biomas brasileiros no território nacional (IBGE, 2004)

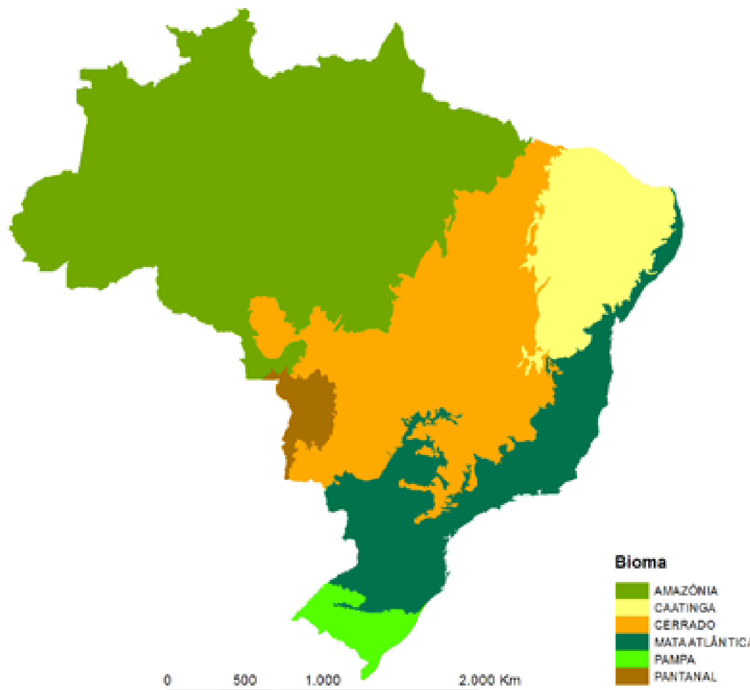


TABELA A1.1

Área dos biomas brasileiros

BIOMAS CONTINENTAIS BRASILEIROS	ÁREA APROXIMADA (km^2)	PARTICIPAÇÃO (%)
Amazônia	4.196.943	49,29
Cerrado	2.036.448	23,92
Mata Atlântica	1.110.182	13,04
Caatinga	844.453	9,92
Pampa	176.496	2,07
Pantanal	150.355	1,76
Brasil	**8.514.877**	**100,00**

Fonte: IBGE, 2004.[10]

10 *A diferença entre a área total do país segundo os dados do presente inventário (852.151.763,5) e informações do site do IBGE (851.576.704,9) é de 575.058,6 ha (0,06%), que pode ser consequência de parâmetros do próprio cálculo, devido à projeção utilizada, além da correção de sobreposições nos arquivos* shapefile.

Limites municipais

A inclusão de um plano de informação com os limites políticos (país, estados e municípios) permite realizar uma consulta específica para cada região do país e identificar as áreas mais afetadas pelo desmatamento e/ou convertidas para outros usos. Além disso, esses dados permitem a extração de informações auxiliares sobre as culturas agrícolas e silvicultura a partir de bases de dados censitários do IBGE, dados agrícolas e outros.

Para este inventário foi utilizada a Malha Municipal Digital do IBGE de 2010. Essa versão retrata a situação vigente da Divisão Político-Administrativa do Brasil (DPA), que adiciona à base de 2005 um município aos 5.564 anteriores, totalizando 5.565.

Vegetação pretérita (fitofisionomias)

Segundo o Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004), as formações florestais ocupam mais de 60% do território nacional. Essas formações são constituídas pelas florestas ombrófilas (típicas de regiões úmidas durante todo o ano) e estacionais (típicas de regiões que passam por períodos de seca), que apesar de presente em todos os biomas, são mais comuns na Amazônia e Mata Atlântica, respectivamente.

As formações savânicas são predominantes no Cerrado, mas ocorrem também em outras regiões do país, inclusive na Amazônia. As formações de savanas estépicas ocorrem principalmente na Caatinga nordestina, além de algumas áreas em Roraima, Pantanal mato-grossense e uma pequena ocorrência no extremo oeste do Rio Grande do Sul. As formações estépicas correspondem principalmente aos campos do planalto e da campanha do extremo sul do Brasil, no bioma Pampa. Já as campinaranas ocorrem principalmente na Amazônia, na bacia do rio Negro.

Neste mesmo mapa são também identificadas áreas de formações pioneiras, que abrangem as restingas e os manguezais, as matas de várzea (alagáveis), além dos refúgios vegetacionais, normalmente constituídos por comunidades relictuais (IBGE, 2012).

O mapa original de 2004 disponibilizado pelo IBGE em escala 1:5.000.000 (http://www.ibge.gov.br) ainda inclui as áreas de tensão ecológica, onde ocorrem os contatos entre duas fitofisionomias.

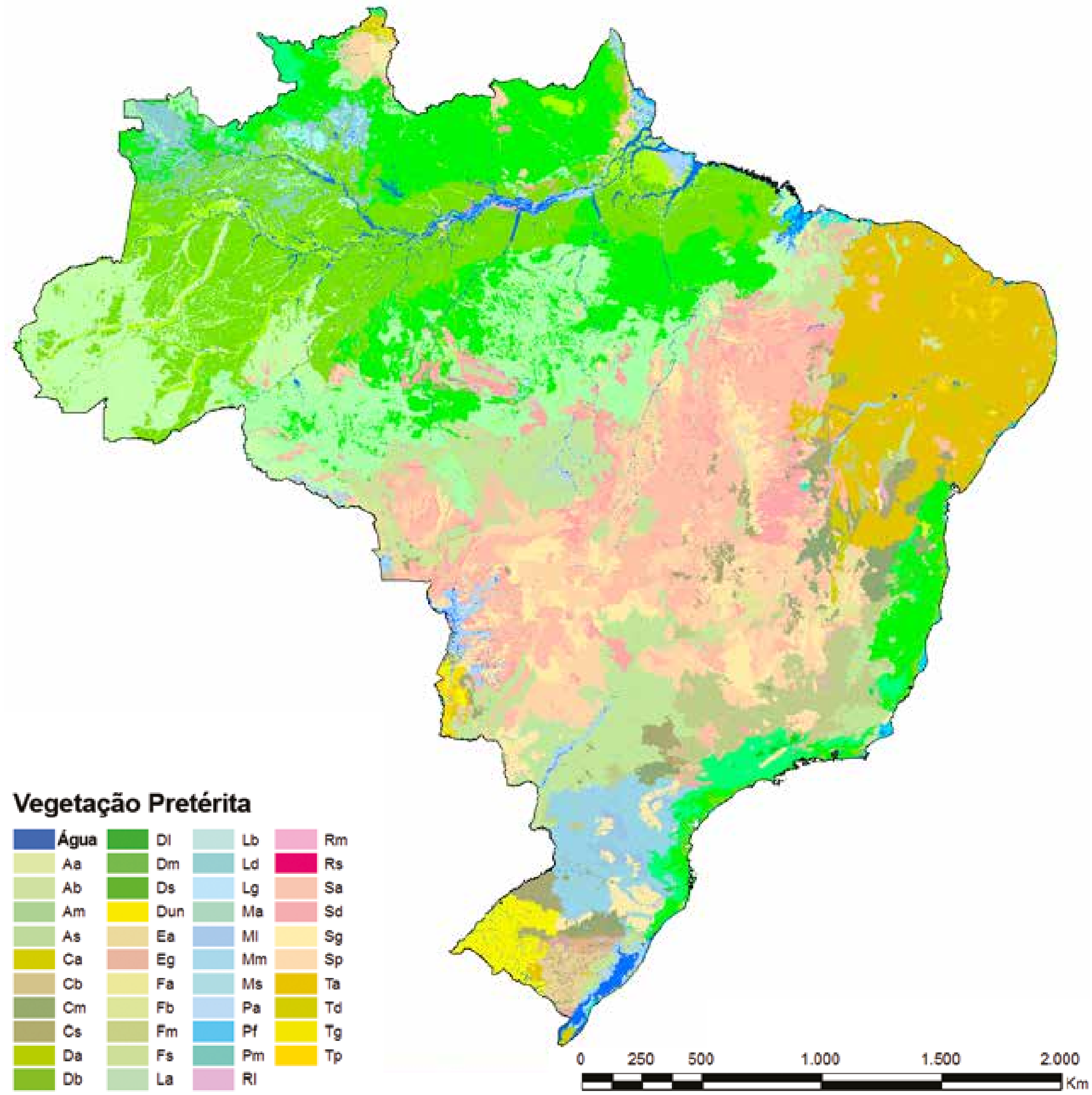
O mapa disponibilizado pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO I (http://www.mma.gov.br/biodiversidade/projetos-sobre-a-biodiveridade/), do Ministério do Meio Ambiente (MMA), em escala 1:250.000, foi utilizado no Segundo Inventário como base para a definição das fitofisionomias. Como os mapas do PROBIO I continham informações referentes às áreas antropizadas de todos os biomas, essas áreas foram reclassificadas com base no Mapa de Vegetação do IBGE e na interpretação visual de imagens TM/Landsat-5 do ano de 1994, o que foi realizado quando da execução do Segundo Inventário. O mapa produzido teve ainda as áreas de ecótonos e transições reclassificadas, conforme a classe da fitofisionomia dominante.

Desta forma, o mapa de vegetação produzido para o Segundo Inventário e utilizado no Terceiro Inventário, denominado "mapa de vegetação pretérita" (Figura A1.2) é resultado da combinação entre os mapas do PROBIO I (MMA) e o mapa do IBGE (2004), com interpretação visual de imagens de 1994 para as áreas antropizadas.

As fitofisionomias observadas no mapa de vegetação pretérita foram classificadas em floresta ou campo segundo a sua formação/estrutura (Tabela A1.2). Tal classificação utilizou também como base o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012); o sistema de classificação de cobertura da terra da FAO e o Levantamento de Recursos Florestais da FAO (FRA) (FAO, 2010).

FIGURA A1.2

Mapa de vegetação pretérita (fitofisionomias) dos biomas brasileiros



Fonte: Segundo Inventário Nacional, modificado de PROBIO I (MMA), IBGE (2004) e imagens TM/Landsat-5.

TABELA A1.2
Estrutura da vegetação, fitofisionomias e respectivas siglas

ESTRUTURA	FITOFISIONOMIA	SIGLA
Floresta	Floresta Ombrófila Aberta Aluvial	Aa
	Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas	Ab
	Floresta Ombrófila Aberta Montana	Am
	Floresta Ombrófila Aberta Submontana	As
	Floresta Estacional Decidual Aluvial	Ca
	Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas	Cb
	Floresta Estacional Decidual Montana	Cm
	Floresta Estacional Decidual Submontana	Cs
	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	Da
	Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	Db
	Floresta Ombrófila Densa Montana	Dm
	Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana	Dl
	Floresta Ombrófila Densa Submontana	Ds
	Estepe Arborizada	Ea
	Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	Fa
	Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas	Fb
	Floresta Estacional Semidecidual Montana	Fm
	Floresta Estacional Semidecidual Submontana	Fs
	Campinarana Arborizada	La
	Campinarana Florestada	Ld
	Floresta Ombrófila Mista Aluvial	Ma
	Floresta Ombrófila Mista Alto Montana	Ml
	Floresta Ombrófila Mista Montana	Mm
	Floresta Ombrófila Mista Submontana	Ms
	Vegetação com influência fluvial e/ou lacustre[11]	Pa
	Pioneiras com influência fluviomarinha (mangue)[10]	Pf
	Pioneiras com influência marinha (restinga)[10]	Pm
	Savana Arborizada	Sa
	Savana Florestada	Sd
	Savana Estépica Arborizada	Ta
	Savana Estépica Florestada	Td

continua na próxima página

11 *As fitofisionomias de Pioneiras com influência fluviomarinha (Pf) e marinha (Pm) e as Vegetações com influência fluvial e/ou lacustre (Pa), foram reclassificadas como Campo para o bioma Pampa, visto que, em particular para essa região, essas formações têm uma influência campestre, de acordo com literatura científica e fotos observadas.*

ESTRUTURA	FITOFISIONOMIA	SIGLA
Campo	Estepe Gramíneo-Lenhosa	Eg
	Estepe Parque	Ep
	Campinarana Arbustiva	Lb
	Campinarana Gramíneo-Lenhosa	Lg
	Refúgio Alto-Montano	Rl
	Refúgio Montano	Rm
	Refúgio Submontano	Rs
	Savana Gramíneo-Lenhosa	Sg
	Savana Parque	Sp
	Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa	Tg
	Savana Estépica Parque	Tp

Estoque de carbono nos solos

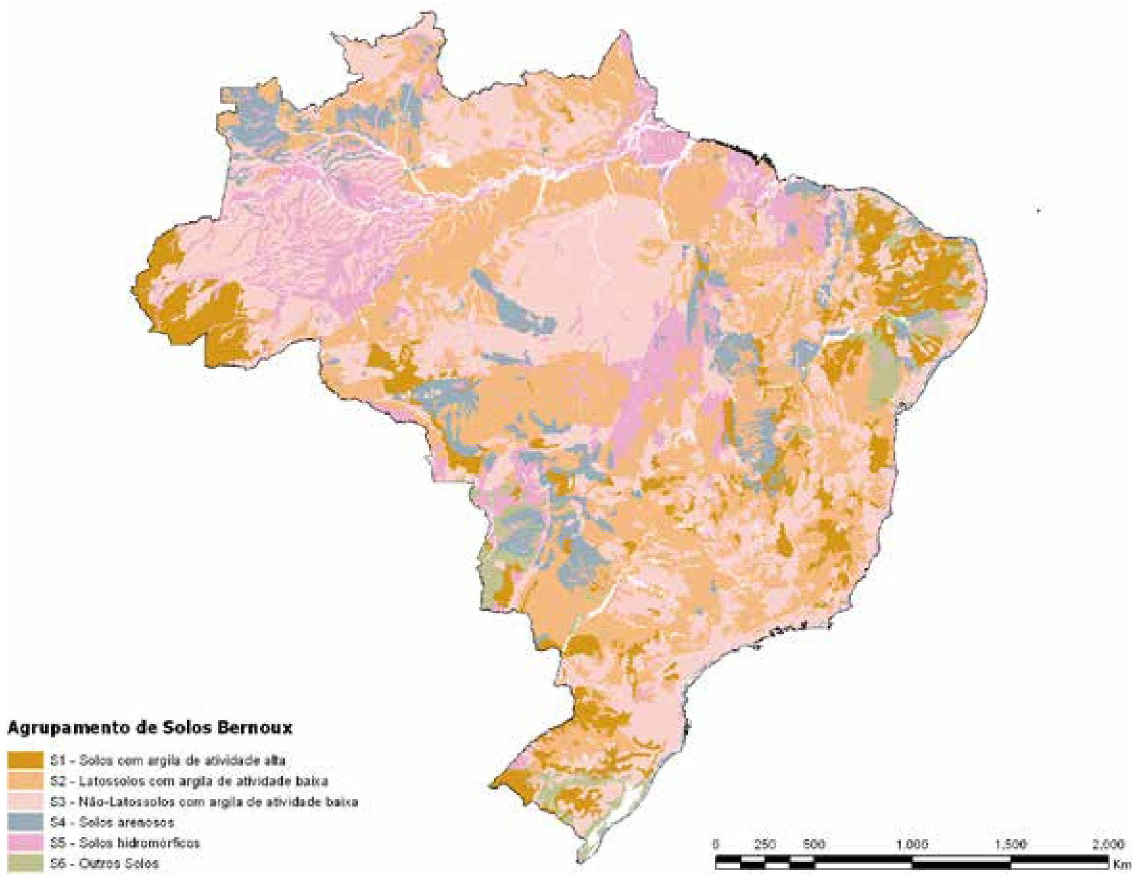
Os valores de estoque de carbono nos solos foram os mesmos utilizados no Segundo Inventário Nacional. Essa estimativa seguiu a metodologia proposta por Bernoux et al. (2002) e consistiu nas seguintes etapas:

1 adaptação do mapa de solos do Brasil Embrapa (2003), na escala 1:5.000.000;
2 adaptação do mapa de vegetação do Brasil IBGE (2004), na escala 1:5.000.000 (ver item acima);
3 confecção/criação do mapa da associação solo-vegetação.

Primeiramente, as 69 classes inseridas nas 18 ordens do sistema brasileiro de classificação de solos foram reclassificadas com base no proposto pelo IPCC (1996; 2003), que leva em consideração a textura do solo, a saturação por bases e a umidade. O detalhamento dessa associação de classes é apresentado em Bernoux et al. (2002). Dessa forma, essas classes foram reagrupadas em seis grandes grupos de solos: (S1) solos com argila de atividade alta; (S2) latossolos com argila de atividade baixa; (S3) não latossolos com argila de atividade baixa; (S4) solos arenosos; (S5) solos hidromórficos e (S6) outros Solos. O resultado desse reagrupamento é apresentado na Figura A1.3.

FIGURA A1.3

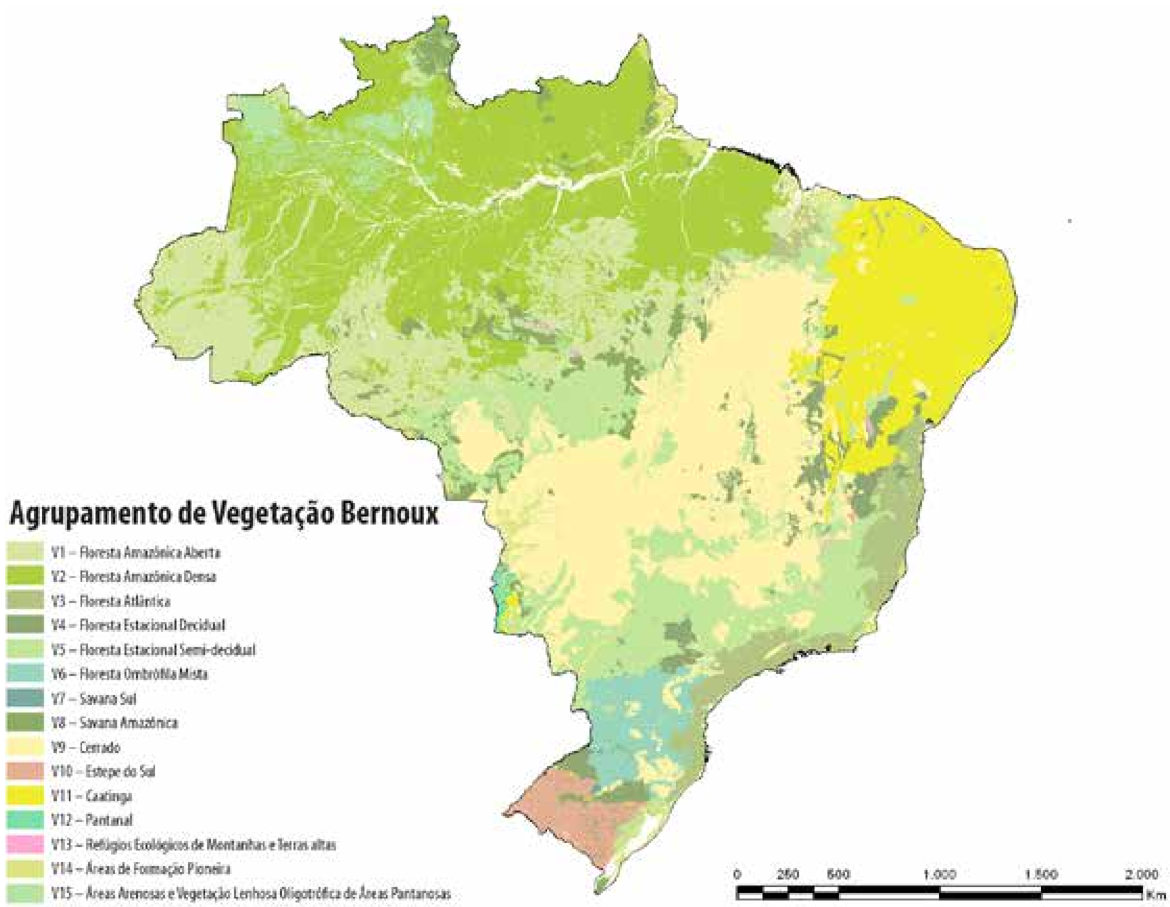
Agrupamento e distribuição das classes de solo no território nacional, adaptado de Bernoux et al. (2002)



Em seguida, as classes de vegetação foram agregadas em 15 categorias. A estratégia de classificação foi utilizar os principais grupos de vegetação como ponto de partida, dividindo-os de acordo com a fisionomia da vegetação e/ou a localização geográfica (BERNOUX et al., 2002). Neste contexto, as categorias ficaram assim distribuídas: (V1) Floresta Amazônica Aberta; (V2) Floresta Amazônica Densa; (V3) Floresta Atlântica; (V4) Floresta Estacional Decidual; (V5) Floresta Estacional Semidecidual; (V6) Floresta Ombrófila Mista; (V7) Savana Sul; (V8) Savana Amazônica; (V9) Cerrado; (V10) Estepe do Sul; (V11) Estepe Nordeste (Caatinga); (V12) Estepe Oeste (Pantanal); (V13) Refúgios Ecológicos de Montanhas e Terras Altas; (V14) Áreas de Formação Pioneira e (V15) Áreas Arenosas e Vegetação Lenhosa Oligotrófica de Áreas Pantanosas. O resultado dessa reclassificação é apresentado na Figura A1.4.

FIGURA A1.4

Agrupamento e distribuição das classes de vegetação no território nacional, segundo Bernoux et al. (2002)



Finalmente, a partir de cálculos detalhados em Bernoux et al. (2002), foram geradas estimativas de estoque de carbono para cada associação vegetação-solo até a profundidade de 30 cm, as quais são apresentadas na Tabela A1.3. Os valores apresentados correspondem aos valores medianos propostos em Bernoux et al. (2002). Na Figura A1.5 é apresentada a distribuição do estoque de carbono no solo no território.

TABELA A1.3

Estoque de carbono nos solos por associação vegetação-solo. As células destacadas (em cinza) representam as categorias inexistentes

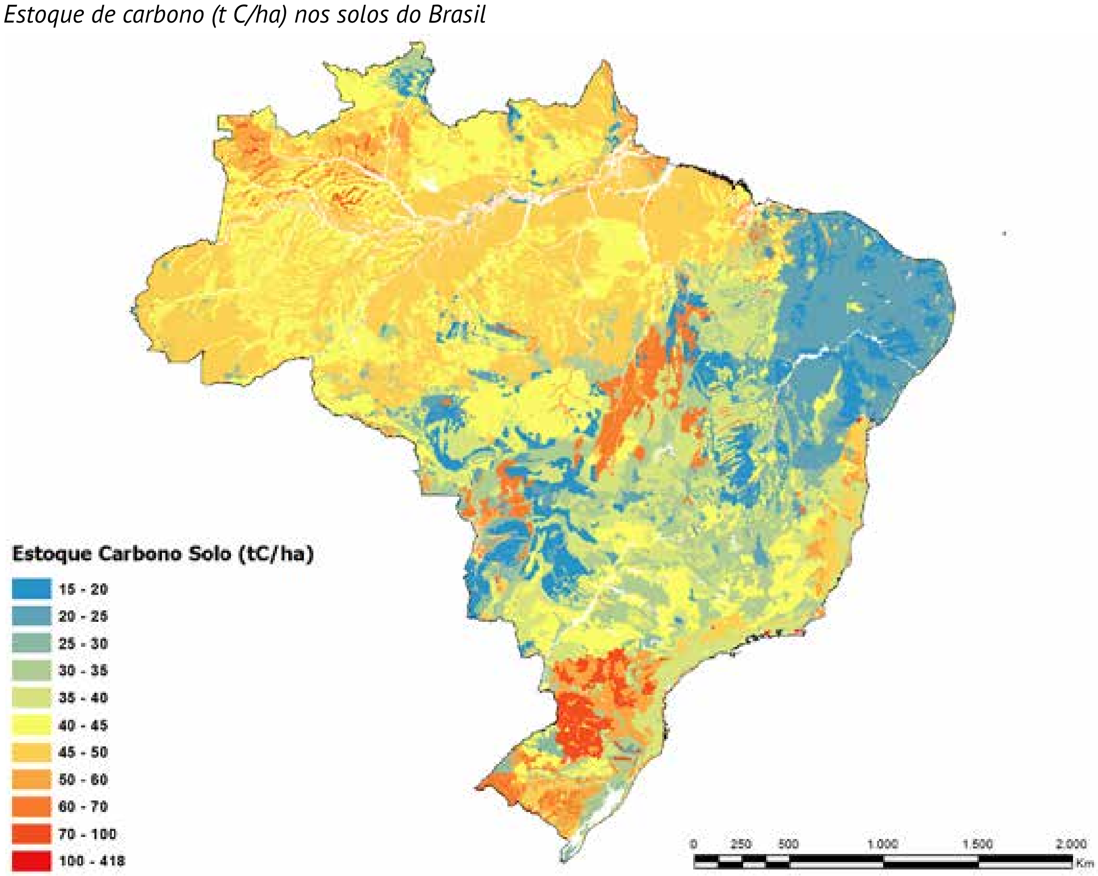
CATEGORIAS DE VEGETAÇÃO	SOLO					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
	(tC/ha)					
V1	50,9	47,5	48,9	41,1	43,6	78,7
V2	32,2	51,9	46,9	50,6	52,7	48,1
V3	58,3	52,3	42,9	63,3	35,8	417,8
V4	46,7	30,8	40,0	25,9	32,7	31,8
V5	40,9	44,3	37,4	27,0	53,6	31,6

continua na próxima página

CATEGORIAS DE VEGETAÇÃO	SOLO					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
	(tC/ha)					
V6	98,8	102,5	56,8		85,4	
V7	64,2	90,9	51,6		74,2	32,8
V8	48,0	19,8	38,1	43,7	34,6	29,0
V9	24,4	43,1	36,0	19,2	66,5	32,9
V10	66,0	46,6	61,2		33,8	49,9
V11	24,2	25,8	26,2	15,1	25,1	20,9
V12	33,8		35,2	35,4	105,2	21,7
V13	34,1	50,4[1]	39,9			
V14	73,0	41,3[1]	33,1	50,2	59,2	37,2
V15	50,9[2]	46,8	48,1	61,7	90,5	120,9

[1] *Valor único relatado.*
[2] *Vide particularidades descritas em Bernoux et al. (2002).*
Fonte: Bernoux et al. (2002).

FIGURA A1.5
Estoque de carbono (t C/ha) nos solos do Brasil



Fonte: Bernoux et al. (2002)

Uso da terra

O IPCC (2003, 2006) define seis amplas categorias de uso e cobertura da terra: Floresta, Campo (incluindo a subcategoria "Pastagens"), Agricultura, Áreas Alagadas, Áreas Urbanas e Outras Áreas. Sendo assim, as categorias definidas para este relatório foram:

Floresta

As florestas são caracterizadas pelo adensamento de árvores, reduzindo a quantidade de luz que chega ao solo, o que limita o desenvolvimento de herbáceas e arbustos (IBGE, 2012). Essa categoria foi definida com base nas fitofisionomias do mapa de vegetação pretérita. Dessa forma, de acordo com a Tabela A1.2, que categoriza as fitofisionomias em função de sua estrutura (Floresta ou Campo), foi possível adequar a classificação àquela proposta pelo IPCC (2006).

Foram definidas as seguintes subcategorias para a categoria Floresta:

I. Floresta Primária em Área Manejada (FM)

Floresta Primária em Área Manejada refere-se à floresta em que a ação humana não provocou significativas alterações das suas características originais de estrutura e composição. Essas florestas encontram-se em áreas manejadas, consideradas como sendo aquelas em Unidades de Conservação (UC) ou Terras Indígenas (TI).

Cabe ressaltar que entre o período de 1994 e 2010 foram criadas UCs, fundamentadas na Lei 9.985/2000, assim como novas TIs foram delimitadas pela FUNAI. A Tabela A1.4 resume quantitativamente a representação dessas áreas por bioma, em 1994, 2002 e 2010. A Figura A1.6 permite visualizar a distribuição das mesmas nos anos analisados.

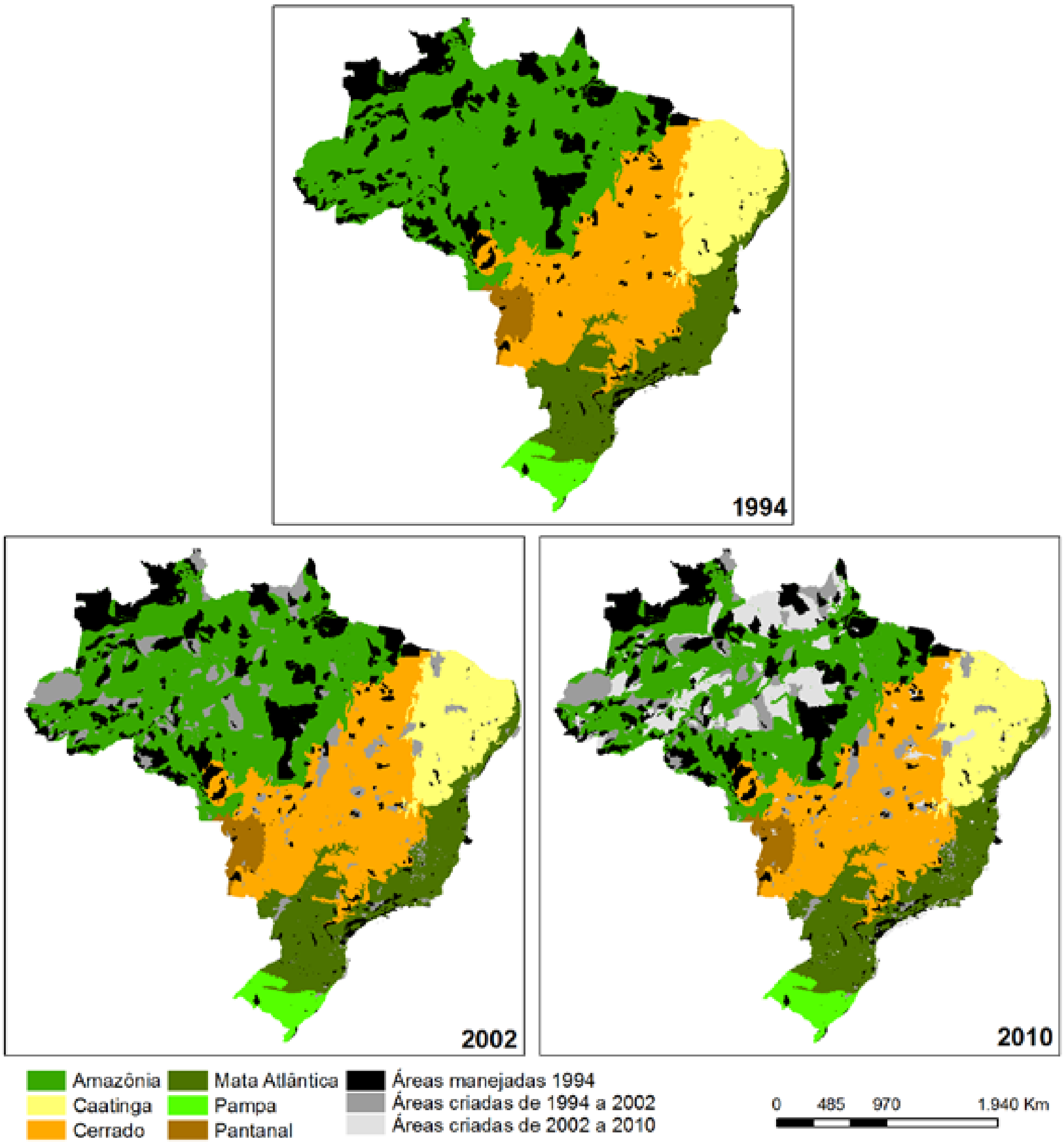
TABELA A1.4
Unidades de Conservação (UC) e Terras Indígenas (TI) consideradas de 1994, 2002 e 2010[12]

BIOMA	ÁREAS GERENCIADAS (UC E TI) (ha)					
	1994	% BIOMA 1994	2002	% BIOMA 2002	2010	% BIOMA 2010
Amazônia	99.823.994,50	23,72	141.983.295,01	33,73	205.629.087,80	48,86
Cerrado	848.696,06	0,42	5.118.482,32	2,51	6.586.236,57	3,23
Caatinga	11.244.862,91	13,58	22.941.789,13	27,71	25.279.428,81	30,54
Mata Atlântica	5.710.351,70	5,12	9.897.023,15	8,87	10.681.769,67	9,58
Pantanal	502.985,19	3,32	614.120,31	4,06	614.591,48	4,06
Pampa	365.325,87	2,04	561.503,85	3,14	714.500,74	4,00
TOTAL	**118.496.216,24**	**13,91**	**181.116.213,76**	**21,25**	**249.505.615,06**	**29,28**

12 *O aumento das áreas manejadas para o período 1994-2002 em relação ao Segundo Inventário ocorreu por consequência de uma maior disponibilidade de informações quanto às áreas indígenas. Para este Terceiro Inventário, foi enviado um ofício à FUNAI requisitando informações quanto às datas de criação (delimitação, declaração, homologação). De posse dessas informações sistematizadas, foi possível incluir áreas já existentes no período 1994-2002, porém desconsideradas no Segundo Inventário, a exemplo da Terra Indígena do Alto do Rio Negro. Trata-se, em última instância, de um ponto de revisão e inclusão de informações.*

FIGURA A1.6

Distribuição das Unidades de Conservação e Terras Indígenas consideradas em 1994, 2002 e 2010



II. Floresta Primária em Áreas Não Manejadas (FNM)

As áreas de Floresta Primária em Áreas não Manejadas são também informadas assegurando que todo o território nacional seja considerado. Entretanto, nessas áreas, emissões ou remoções de gases de efeito estufa não são estimadas por não serem de natureza antrópica. Porém, no caso de conversão de uso da terra nestas áreas, suas emissões e remoções passam a ser contabilizadas.

III. Floresta com Corte Seletivo de Madeira (CS)

O corte seletivo refere-se à retirada das árvores com valor comercial em florestas nativas na Amazônia. Nesse processo ocorre a abertura de picadas e de pátios para a extração e armazenamento da madeira, porém não necessariamente seguido do corte raso (VERISSIMO et al., 1992; ASNER et al., 2005). Essas áreas podem vir a ser novamente exploradas, convertidas em usos agropecuários ou mesmo abandonadas (HOLDSWORTH & UHL, 1997; NEPSTAD et al., 1999).

A contabilização dessas áreas nas estimativas de emissões e/ou remoções de carbono é importante, uma vez que, sem um plano de manejo adequado, representam uma das maiores causas de degradação florestal, deixando áreas de clareiras, estradas e porções de florestas danificadas, além de causar a erosão e compactação dos solos, alteração na ciclagem dos nutrientes e alterações na composição florística e estrutural da vegetação (VERÍSSIMO et al., 1995; MATRICARDI et al., 2010).

IV. Floresta Secundária (FSec)

As florestas secundárias foram identificadas em áreas de regeneração de florestas primárias (manejadas ou não) que passaram por uma mudança de uso em pelo menos um dos períodos considerados no presente inventário (1994, 2002 e, na Amazônia, 2005). Apenas no bioma Amazônia áreas de vegetação secundária puderam ser identificadas diretamente de áreas de florestas primárias, sem a conversão intermediária em uso antrópico, a partir de imagens de satélite de média resolução espacial. As áreas de degradação florestal na Amazônia são objeto de monitoramento do Projeto DEGRAD[13].

V. Reflorestamento (Ref)

Compreende as áreas de monoculturas formadas por espécies arbóreas, em sua maioria, exóticas, como *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp.

Campo

O Campo é caracterizado pelo predomínio de vegetação herbácea. A definição dessa categoria, assim como para Floresta, foi feita com base no mapa de fitofisionomias. As porções do território que não fossem classificadas como antropizadas ou como corpos d'água (rios, lagos e reservatórios) tiveram suas classes de vegetação atribuídas conforme o mapa da vegetação pretérita.

a. Campo com Vegetação Nativa Manejada (GM)

Os Campos com Vegetação Nativa Manejadas referem-se àqueles localizados em Unidades de Conservação ou Terras Indígenas.

13 O sistema de mapeamento da degradação florestal na Amazônia Brasileira (DEGRAD) mapeia anualmente áreas de floresta degradada e com tendência a ser convertida em corte raso. Maiores informações podem ser obtidas em http://www.obt.inpe.br/degrad/).

b. Campo com Vegetação Nativa Não Manejada (GNM)

Assim como para a classe de Floresta Primária em Áreas não Manejadas (FNM), as áreas de Campos com Vegetação Nativa Não Manejada (GNM) são informadas para assegurar a cobertura geográfica integral do país. Emissões e remoções de carbono nessas áreas não são contabilizadas a menos que ocorra conversão de uso da terra nessas áreas, suas emissões e remoções passam a ser contabilizadas.

c. Campo Secundário (GSec)

São áreas de vegetação nativa campestre que passaram por uma conversão do uso e estão em processo de regeneração. O raciocínio para a identificação das vegetações campestres em regeneração foi a mesma adotada para Floresta Secundária, descrita anteriormente.

d. Pastagens (Ap)

Abrangem as áreas destinadas ao pastoreio, sejam estas naturais ou plantadas. São incluídas tanto as pastagens degradadas como aquelas em bom estado.

Áreas Agrícolas (Ac)

Inclui todas as áreas cultivadas com lavouras temporárias e permanentes, como milho, soja, cana-de-açúcar, arroz, café, frutíferas, entre outros.

Áreas Alagadas (A e Res)

Regiões de marismas, pântanos, turfeiras ou águas de regime natural ou artificial, permanentes ou temporárias, estancadas ou correntes, doces, salobras ou salgadas. Abrange: a) Lagos e Rios (A), que inclui corpos d'água, e b) Reservatórios (Res) referente a lagos artificiais, áreas inundadas pela criação de hidrelétricas, ou seja, regiões cobertas por água devido à alguma interferência humana.

Áreas Urbanas (S)

Áreas caracterizadas por edificação contínua e existência de equipamentos sociais destinados às funções básicas, como habitação e circulação.

Outras Áreas (O)

Essa categoria inclui as formações rochosas, áreas de mineração e dunas.

Não Observado (N.O.)

Áreas que não puderam ser classificadas nas categorias acima descritas devido à presença de nuvens e suas sombras nas imagens de satélite disponíveis.

Na Tabela A1.5 são apresentadas as categorias e subcategorias de cobertura e uso da terra consideradas, juntamente com as abreviaturas pelas quais serão referidas a seguir.

TABELA A1.5
Categorias/subcategorias de cobertura e uso da terra

ABREVIATURA	USO DA TERRA	COBERTURA DA TERRA (IPCC)
FNM	Floresta não manejada	Floresta (*Forest*)
FM	Floresta manejada	
FSec	Floresta secundária	
CS	Floresta com extração seletiva de madeira	
Ref	Reflorestamento	
GNM	Campo não manejado	Campo (*Grassland*)
GM	Campo manejado	
GSec	Campo secundário	
Ap	Pastagem plantada	
Ac	Área agrícola	Área agrícola (*Cropland*)
S	Área urbana	Área urbana (*Settlements*)
A	Rios e lagos	Área alagada (*Wetlands*)
Res	Reservatórios	
O	Outros usos	Outros usos (*Otherland*)
N.O.	Área não observada	

1.1.1. Construção de matrizes de transição entre as categorias e subcategorias de uso e cobertura da terra

Uma vez obtidos os mapas de uso e cobertura da terra para cada ano considerado, os mesmos foram sobrepostos aos demais planos de informação de interesse gerando polígonos associados a informações de bioma, vegetação pretérita, estoque de carbono no solo e malha municipal. A partir da análise desses polígonos, foram identificadas as mudanças de uso e cobertura da terra entre os anos considerados e calculadas as emissões correspondentes.

As matrizes de transição apresentam, de forma resumida, as áreas que permaneceram sob uma mesma categoria de uso da terra e aquelas convertidas de uma categoria para outra entre os períodos inventariados, conforme apresentado na Tabela A1.6. A diagonal principal da matriz identifica as áreas que permaneceram em uma mesma categoria de uso. Matrizes de transição são apresentadas por todos os biomas para o período de 2002 a 2010, exceto para a Amazônia, para o qual as matrizes de transição são apresentadas para o período de 2002 a 2005 e 2005 a 2010.

Embora este presente inventário tenha tido como objetivo estimar as emissões ocorridas entre 2002 e 2010, foi realizada uma atualização das estimativas do período de 1994-2002. A partir da atualização dos fatores de emissão

e revisão dos dados de atividade para os anos 1994 e 2002, as estimativas para esse período foram recalculadas de forma a assegurar a consistência das estimativas nos diferentes períodos avaliados.

Ressalta-se que as áreas de florestas submetidas ao corte seletivo foram consideradas somente para o bioma Amazônia, em função de seu impacto sobre as emissões líquidas de carbono e pela disponibilidade de metodologia já estabelecida para sua detecção por imageamento remoto.

As conversões que envolvem água para floresta/campo e vice-versa podem representar uma dinâmica natural de regiões alagáveis e refletir os períodos de cheia e vazante dos rios e lagos. Dessa forma, considerou-se que essas transições de cobertura não representam mudança de uso da terra, uma vez que podem variar sazonalmente. Essa variação ocorreu devido ao fato de as imagens utilizadas nem sempre serem do mesmo mês nos anos analisados. Assim, as emissões e remoções de gases de efeito estufa envolvidas nessa dinâmica de cobertura da terra não foram contabilizadas por serem consideradas de origem natural e não antrópica.

Destaca-se, por fim, o fato de que o intervalo de oito anos considerado entre os inventários (1994-2002-2010) impossibilita a verificação da dinâmica anual de conversão de uso da terra. Dessa forma, uma floresta em 2002 convertida para agricultura em 2010 pode ter passado por etapas intermediárias de uso, por exemplo, de floresta em 2002 para pastagem em 2006, e desta para agricultura em 2010. À medida que os inventários considerem períodos mais curtos, essa dinâmica poderá ser identificada, possibilitando uma estimativa mais precisa das emissões antrópicas líquidas anuais.

TABELA A1.6

Matriz de transição de uso e cobertura da terra. As transições em cinza referem-se àquelas impossíveis e/ou aquelas não contabilizadas neste Inventário

	2010														
2002	FNM	FM	FSEC	REF	CS	GNM	GM	GSEC	AP	AC	S	A	RES	O	N.O.
FNM															
FM															
FSec															
Ref															
CS															
GNM															
GM															
GSec															
Ap															
Ac															
S															
A															
Res															
O															
N.O.															

1.1.2. Estimativa das emissões e remoções para as transições analisadas

A estimativa das emissões líquidas é feita para cada porção do território (polígono do mapa) com regras que variam de acordo com cada uma das possíveis transições entre os usos da terra identificadas na etapa anterior. Ou seja, de 2002 a 2010 para o Cerrado, a Mata Atlântica, a Caatinga, o Pampa e o Pantanal, e de 2002 a 2005 e de 2005 a 2010 para a Amazônia. A metodologia aplicada no presente Inventário foi a mesma aplicada no Segundo Inventário e, de acordo com o IPCC *Guidelines* 1996, está fundamentada em dois pontos:

i o fluxo de CO_2 de ou para a atmosfera refere-se às mudanças nos estoques de carbono na biomassa existente e nos solos; e

ii as mudanças nos estoques de carbono podem ser estimadas, determinando-se, primeiramente, as taxas de mudança do uso da terra e a prática responsável pela mudança (por exemplo, o desmatamento, o corte seletivo etc.). Em seguida, avalia-se o impacto dessas práticas sobre os estoques de carbono e a resposta biológica a um determinado uso da terra.

A metodologia do *Good Practice Guidance* (IPCC, 2003) estabelece que a estimativa das emissões de CO_2 em um determinado período de tempo é realizada por meio da avaliação da diferença de estoques de carbono entre o início e o final do período para cada uma das transições definidas na Tabela A1.6. Essas estimativas anuais líquidas foram geradas considerando todos os reservatórios de carbono: biomassa viva (acima e abaixo do solo), matéria orgânica morta (madeira morta e serapilheira) e carbono orgânico do solo. Foi adotada a abordagem *default* do IPCC (2003) para estimar a mudança no estoque de carbono, representada a seguir pelas equações 3.1.1 e 3.1.2 do guia.

Equação 3.1.1

$$\Delta C = \sum_{ijk} \left[A_{ijk} \bullet (C_I - C_L)_{ijk} \right]$$

onde:

ΔC : é a mudança no estoque de carbono no reservatório (t C/ano)

A : é área de terra (ha)

ijk : que correspondem a tipo de clima *i*, tipo de vegetação *j* e prática de manejo *k*

C_I : taxa de ganho de carbono (t C/ha/ano)

C_L : taxa de perda de carbono (t C/ha/ano)

Equação 3.1.2

$$\Delta C = \sum_{ijk} \left(C_{t_2} - C_{t_1}\right) / (t_2 - t_1)_{ijk}$$

onde:

C_{t1} : estoque de carbono no tempo t_1 (tC)

C_{t2} : estoque de carbono no tempo t_2 (tC)

O detalhamento das equações utilizadas para o cálculo das emissões e remoções relativas à mudança do estoque de carbono na biomassa viva e matéria orgânica morta, para cada uma das transições descritas na Tabela A1.6,

é apresentado no Relatório de Referência "Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas" deste Terceiro Inventário.

Devido à impossibilidade de identificação do momento em que ocorreram as conversões de uso durante o intervalo de tempo analisado, conforme o Segundo Inventário, considerou-se que as conversões de uso ocorreram na metade do período. Sendo assim, por exemplo, considera-se que uma área de floresta em 2002 convertida para agricultura em 2010 teve sua mudança de uso em 2006 (metade do tempo, portanto quatro anos).

1.1.3. Emissões e remoções relativas à mudança de estoque de carbono no solo

A metodologia para estimativa da variação no carbono no solo tem como referência o valor de carbono médio do solo sob vegetação primária para cada uma das associações solo-vegetação descritas na Tabela A1.3. De acordo com o *Good Practice Guidance* (IPCC, 2003), adotou-se que o ganho ou perda de carbono do solo resultante da mudança do uso da terra ocorre durante o período de 20 anos.

A estimativa da mudança do estoque de carbono orgânico do solo baseou-se na equação 3.3.3 do *Good Practice Guidance* (IPCC, 2003), adaptada para considerar o período T entre inventários.

$$ES_i = A_i \times \mathrm{Csolo} \quad (\mathrm{fc}(t_o) - \mathrm{fc}(t_f)) \times (T/2)/20$$

onde:

ES_i: Emissão líquida associada ao polígono *i* no período *T* (tC) devido à variação no carbono do solo (tC)

A_i : Área do polígono *i* (ha)

Csolo : Carbono orgânico no solo sob a associação solo-vegetação do polígono (carbono de referência)

fc(t) : fator de alteração de carbono de solo no instante *t* (adimensional)

Os fatores de alteração de carbono do solo, apresentados na Tabela 6.19, foram definidos pela equação:

$$fc(t) = f_{LU} \times f_{MG} \times f_I$$

onde:

f_{LU} : fator de mudança de estoque devido ao tipo de uso ou mudança de uso da terra;

f_{MG} : fator de mudança de estoque devido ao regime de manejo;

f_I : fator de mudança de estoque devido à adição de matéria orgânica.

1.1.4. Dados

Mapa de Uso e Cobertura da Terra

O mapeamento do uso e cobertura da terra foi obtido a partir da interpretação visual de um mosaico de imagens de satélite do território nacional. Cada área foi associada a uma das categorias/subcategorias de uso da

terra definidas, gerando mapas de uso e cobertura da terra dos anos avaliados. A seguir são detalhadas as etapas desse procedimento.

Seleção de imagens

Primeiramente, foi construído um banco de dados com imagens do sensor TM do satélite Landsat-5. Para os biomas Amazônia, Mata Atlântica e Caatinga foram também utilizadas algumas imagens do sensor LISS-III do satélite indiano Resourcesat-1. A seleção de imagens considerou principalmente a área coberta por nuvens, uma vez que esta deve ser a menor possível. Priorizaram-se imagens com datas próximas, minimizando assim variações sazonais e temporais, principalmente em relação ao uso e ocupação da terra, quando da junção de cenas de datas diferentes. A presença de ruídos irreparáveis nas imagens também foi um aspecto considerado para a seleção das mesmas.

Para os anos de 1994 e 2002, foram utilizadas as imagens TM/Landsat-5 do Segundo Inventário Nacional. Para o ano de 2010, foram selecionadas 368 imagens TM/Landsat-5 e 29 imagens LISS-III/Resourcesat-1. Excepcionalmente para a Amazônia, foram selecionadas 199 imagens TM/Landsat-5 referentes ao ano de 2005. Maiores detalhes com relação às cenas utilizadas são apresentados no Relatório de Referência "Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas".

Processamento de imagens

Essa etapa envolveu basicamente o registro das cenas e a manipulação dos histogramas (aplicação do contraste). As imagens TM/Landsat-5 de 2010 selecionadas foram georreferenciadas a partir de pontos de controle, como cruzamento de estradas, nas imagens de 2002. Isso garantiu que as mudanças mapeadas se referissem às mudanças ocorridas no terreno, e não a deslocamentos entre as duas cenas. Para o bioma Amazônia, também foram registradas as cenas do ano de 2005 em relação às imagens de 2002. O georreferenciamento das imagens LISS-III/Resourcesat-1 seguiu o mesmo procedimento.

Mapeamento temático

Após processamento do contraste das imagens de satélite para facilitar a identificação das áreas por parte dos intérpretes, foram mapeadas por uma equipe de intérpretes todas as áreas com algum tipo de intervenção humana, além de corpos d'água e reservatórios. Para a identificação das áreas de corte seletivo na Amazônia, foram aplicadas técnicas de processamento digital de acordo com a metodologia do DETEX[14] para realçar as mudanças de resposta espectral das florestas com intervenção.

As áreas remanescentes (não mapeadas) foram consideradas como de vegetação primária. Estas áreas foram classificadas como florestas ou campos, manejados ou não manejados, conforme informações do mapa de vegetação pretérita (fitofisionomias) e mapa das áreas manejadas (Unidades de Conservação e Terras Indígenas), respectivamente.

14 O projeto DETEX (Detecção de Exploração Seletiva de Madeira) é um sistema desenvolvido pelo INPE para monitoramento da exploração madeireira na Amazônia.

A classificação de Florestas e Campos Secundários (FSec e GSec) se deu através da observação do uso das áreas nos anos anteriores. Por exemplo, áreas classificadas como vegetação (campestre ou florestal) em 2010, que tivessem sido classificadas anteriormente (em 1994, 2002 ou 2005) como outro uso, foram consideradas Campos ou Florestas Secundários.

Todo o processo de mapeamento temático foi realizado considerando a área mínima mapeável de seis hectares e a escala final dos produtos de 1:250.000.

Mapas de uso e cobertura da terra

Os mapas de uso e cobertura da terra para todo o território nacional para os anos 1994, 2002 e 2010 estão apresentados na Figura A1.7. Os mapas de 1994 e 2002 que fornecem os dados de atividade para estimar as emissões líquidas de gases de efeito estufa foram revistos e atualizados para assegurar maior consistência de classificação. Para a Amazônia, foram corrigidos e utilizados os mapas de 1994 e 2002 do Segundo Inventário e gerados mapas para os anos de 2005 e 2010 (Figura A1.8). Os mapas dos demais biomas são apresentados nas Figuras A1.9 a A1.13.

FIGURA A1.7

Mapas de uso e cobertura da terra do Brasil para os anos de 1994, 2002 e 2010

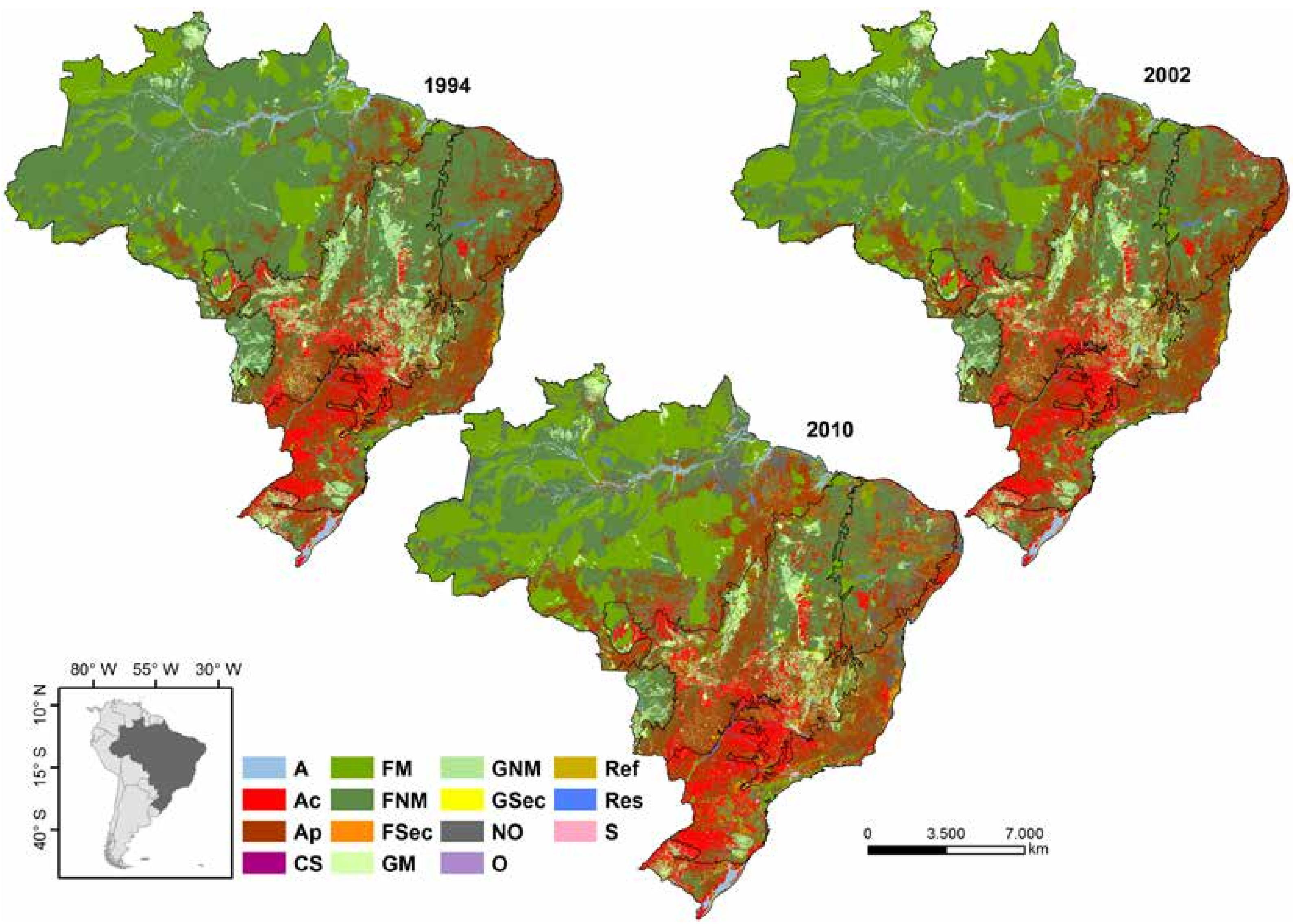


FIGURA A1.8

Mapas de uso e cobertura da terra para o bioma Amazônia, para os anos 1994, 2002, 2005 e 2010

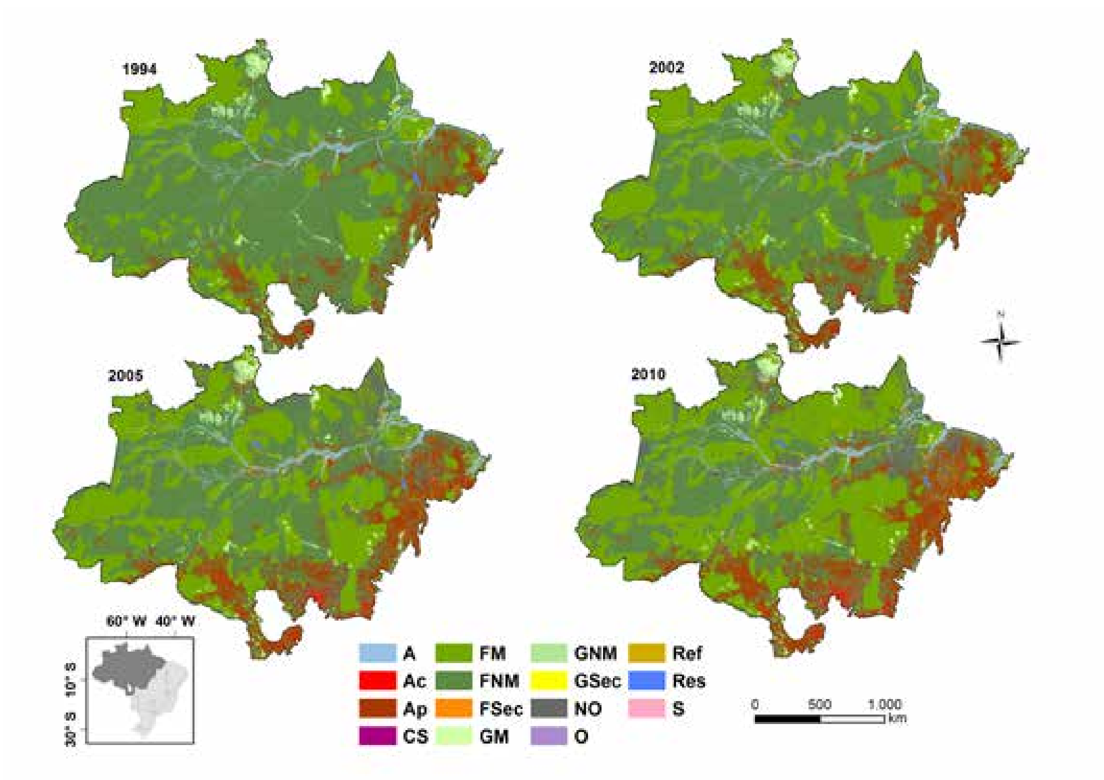


FIGURA A1. 9

Mapas de uso e cobertura da terra para o bioma Cerrado, para os anos 1994, 2002 e 2010

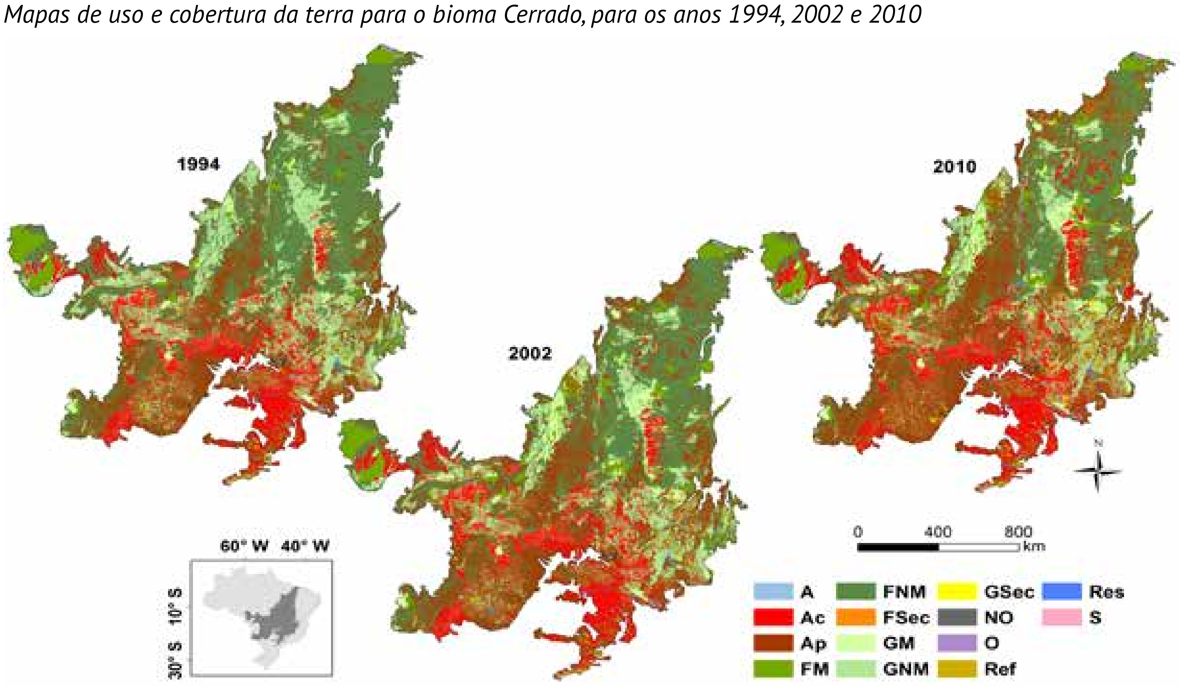


FIGURA A1.10

Mapas de uso e cobertura da terra para o bioma Mata Atlântica, para os anos 1994, 2002 e 2010

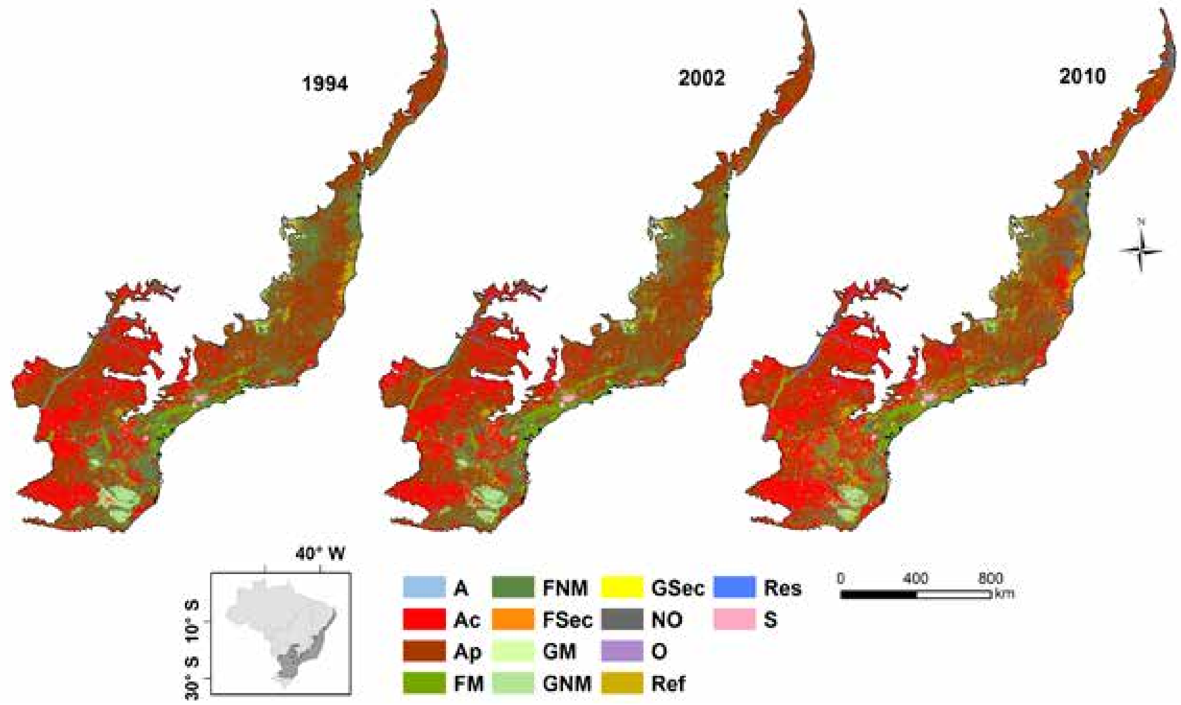


FIGURA A1.11

Mapas de uso e cobertura da terra para o bioma Caatinga, para os anos 1994, 2002 e 2010

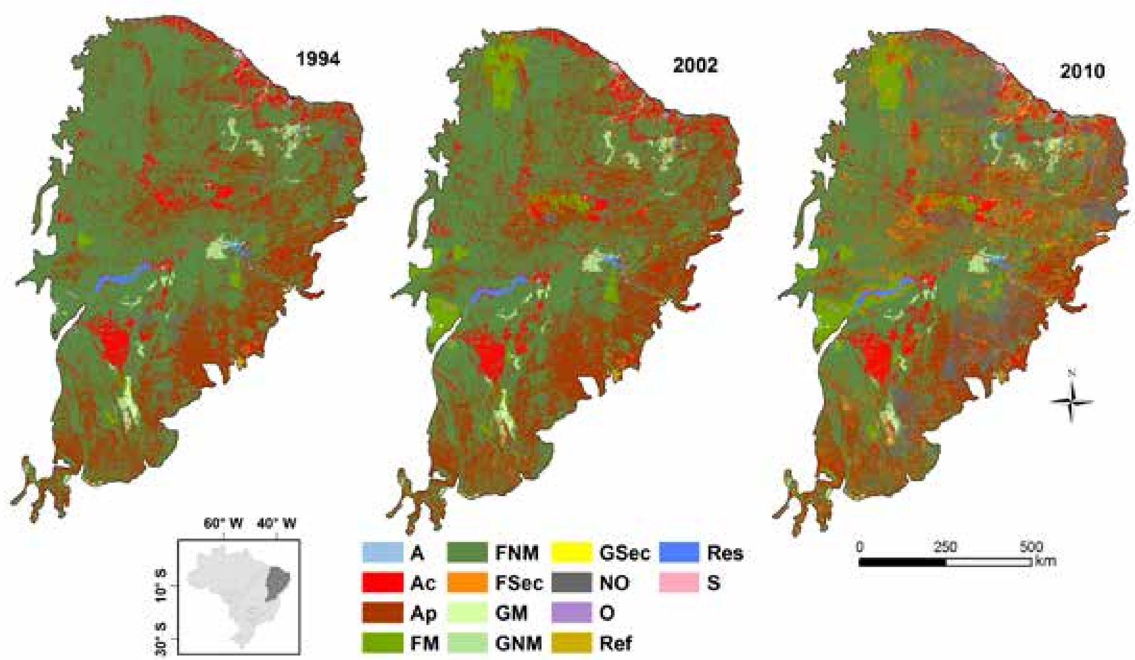


FIGURA A1.12

Mapas de uso e cobertura da terra para o bioma Pampa, para os anos 1994, 2002 e 2010

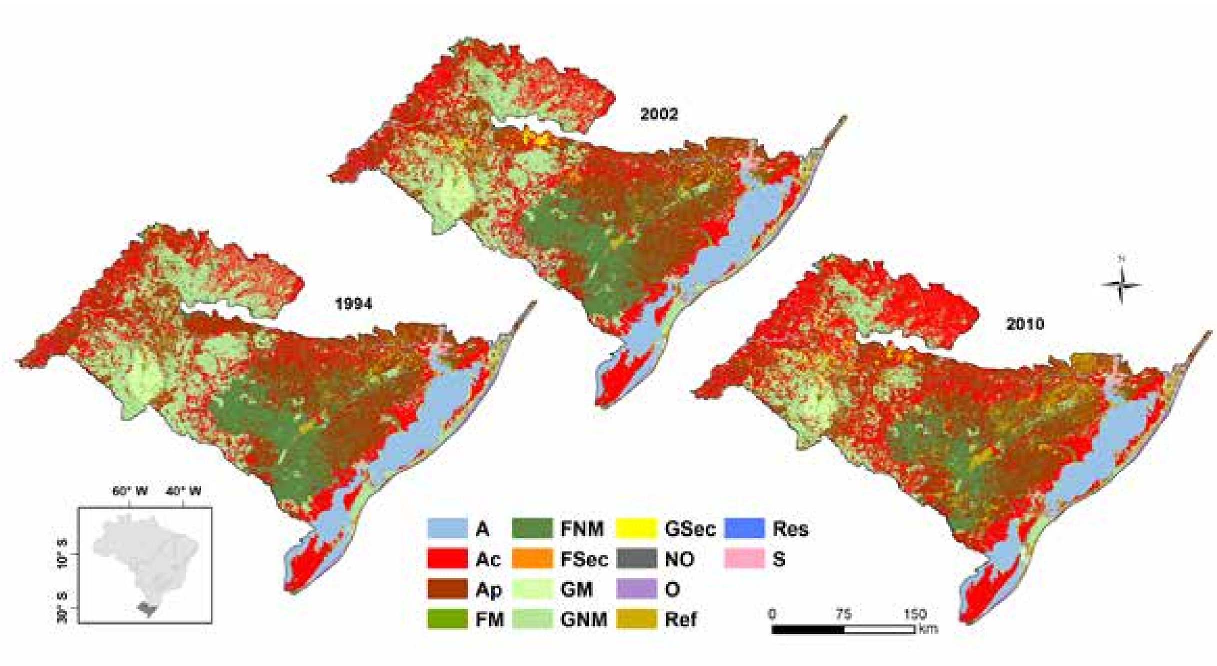
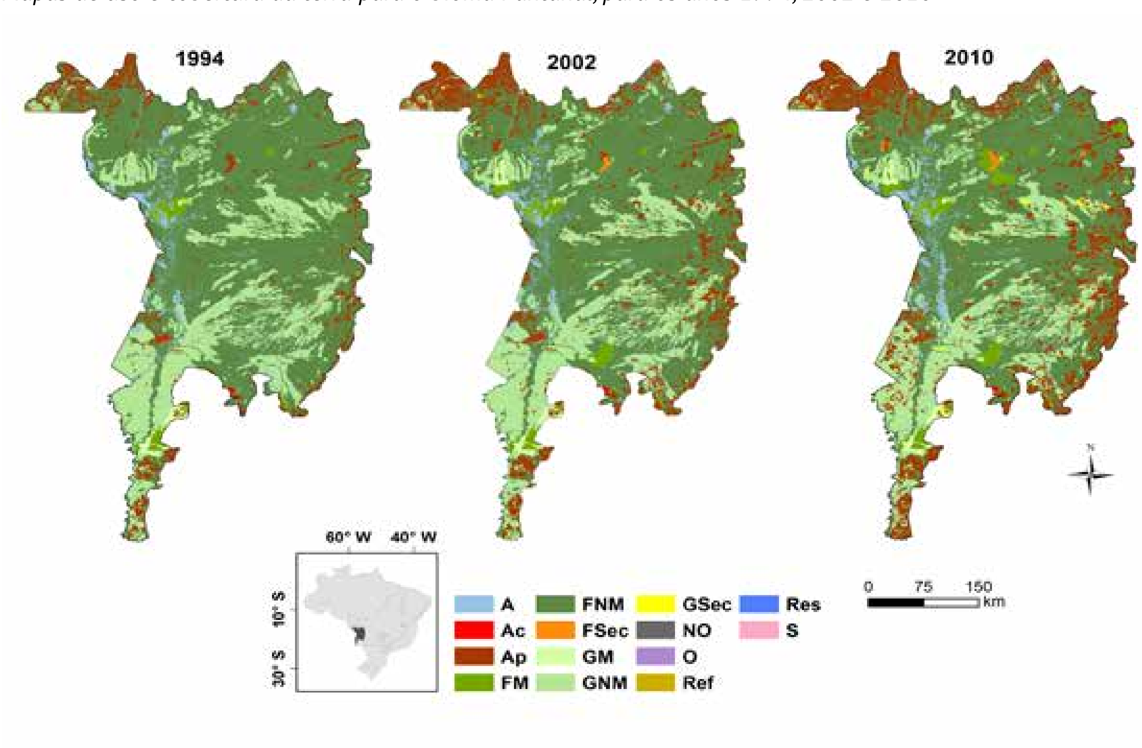


FIGURA A1.13

Mapas de uso e cobertura da terra para o bioma Pantanal, para os anos 1994, 2002 e 2010



Estoque de carbono da biomassa viva e matéria orgânica morta

Os valores de estoque de carbono das fitofisionomias de cada bioma brasileiro foram estimados a partir de valores de biomassa viva, tanto acima como abaixo do solo, e matéria orgânica morta (madeira morta e serapilheira). As abordagens utilizadas para essas estimativas foram as seguintes:

a. Cálculo dos estoques a partir de dados de estrutura da vegetação

Priorizou-se utilizar dados estruturais da vegetação (DAP e altura) coletados em campo, obtidos de parcelas de inventários florestais. Os dados estruturais referem-se àqueles do projeto RADAMBRASIL para a Amazônia; do projeto PROBIO cedidos pela Embrapa Informática para o Pantanal; do Inventário Florestal do Tocantins para o Cerrado e de medições realizadas por pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco para a Caatinga. Foram realizados levantamentos de equações alométricas a fim de que as mais adequadas (BROWN, 1997; MELO et al., 2007 *apud* PINHEIRO, 2008; DELITTI et al., 2006) fossem aplicadas para os dados de cada região. Além da equação de Brown (1997) utilizada para a Amazônia, segundo a pluviosidade e sazonalidade deste bioma, foi utilizada outra desta mesma autora (BROWN, 1997; equação 3.2.1) para algumas fitofisionomias no Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica, procurando ajustar as equações ao clima das fitofisionomias. No bioma Pantanal foram utilizadas as equações de Melo et al. (2007 *apud* PINHEIRO, 2008) para as fitofisionomias de Sa e Sd e de Delitti et al. (2006) para a fitofisionomia Sp.

b. Dados de biomassa da literatura

Os valores de biomassa das fitofisionomias não contempladas nas bases de dados citadas anteriormente foram obtidos a partir de revisão de literatura científica. Foram escolhidos preferencialmente trabalhos já publicados referentes à massa seca da vegetação, que tivessem como área de estudo regiões correspondentes à fitofisionomia e ao bioma.

Quando esse tipo de avaliação não foi possível, procurou-se por trabalhos realizados na mesma fitofisionomia, porém em outro bioma, levando em consideração fatores como altitude, latitude, distância geográfica, temperatura e pluviosidade. Essas análises foram realizadas com o auxílio de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Caso ainda assim não fosse encontrado um valor representativo para a fitofisionomia de interesse, foram avaliadas semelhanças estruturais e florísticas com outras fitofisionomias, de maneira que o valor de biomassa pudesse ser utilizado. Em alguns casos, na ausência de valores de biomassa publicados, foram aplicadas equações alométricas aos resultados de trabalhos fitossociológicos, como médias da densidade de indivíduos por hectare, do DAP ou da área basal. Nesses casos, as equações alométricas selecionadas são pantropicais, utilizam como variável dependente somente o DAP e foram obtidas no trabalho desenvolvido por Brown (1997). A escolha entre as equações alométricas apresentadas por Brown (1997) foi feita de acordo com a fitofisionomia, diâmetro das árvores e características ambientais, como precipitação e distribuição das chuvas ao longo do ano (sazonalidade).

Sempre que possível, deu-se preferência aos trabalhos que apresentassem valores de biomassa para um maior número de reservatórios e de seus componentes (como a biomassa acima do solo para os estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo, que contemplam tronco, casca, galhos e folhas; a biomassa abaixo do solo; e matéria orgânica morta,

que inclui madeira morta e serapilheira). Para a escolha dos trabalhos, também foram considerados o delineamento experimental e a distribuição das áreas amostradas na fitofisionomia.

c. Uso de fatores de expansão e razões

Não havendo estimativas da biomassa abaixo do solo ou da biomassa associada à matéria orgânica morta, foram utilizados valores da literatura, particularmente para a razão da biomassa abaixo do solo para a biomassa acima do solo (*root-shoot ratio*) para estimar a biomassa abaixo do solo, assim como as razões da madeira morta para biomassa viva (*live:dead ratios*) e da serapilheira para biomassa viva para estimar a matéria orgânica morta. Nesse caso, foram priorizadas razões calculadas com valores de biomassa obtidos na mesma fitofisionomia, preferencialmente no bioma de interesse. Quando não encontrados tais valores, foram utilizados fatores de expansão, razões ou valores associados a vegetações com estrutura, deciduidade e florística semelhantes.

d. Utilização de valores default do IPCC

Quando não foram encontradas na literatura estimativas para a razão entre biomassa abaixo do solo para a biomassa acima do solo (*root-to-shoot*) ou para a matéria orgânica morta, foram adotados os valores *default* do IPCC (2003, 2006) consistentes com a zona climática do bioma em questão e, quando aplicável, a zona ecológica e a biomassa da vegetação.

e. Consultas a múltiplas fontes de evidência

As decisões quanto aos valores de biomassa viva e matéria orgânica morta foram apoiadas, quando possível, em consultas a trabalhos de fitossociologia, planos de manejo, relatórios técnicos, além de contato com pesquisadores especialistas na fitofisionomia e bioma. Fotografias da vegetação, tanto em publicações quanto no *Google Earth*, também foram utilizadas para suporte na verificação quanto à distribuição e caracterização estrutural da vegetação.

Outros trabalhos de biomassa encontrados foram usados como múltiplas fontes de evidência, com o intuito de comparar com os valores adotados, minimizando as chances de se escolher um trabalho realizado em uma área não representativa, com valores de biomassa maiores ou menores que o padrão da fitofisionomia em questão.

f. Carbono na biomassa de Floresta e Campo

A biomassa dos diferentes reservatórios de carbono em áreas de Floresta e Campo foi convertida em carbono utilizando-se os valores *default* do IPCC (2006) apresentados na Tabela A1.7.

TABELA A1.7

Porcentagem de carbono nos reservatórios biomassa acima do solo; biomassa abaixo do solo; madeira morta; e serapilheira em Floresta e Campo (IPCC, 2006)

RESERVATÓRIO	FLORESTA	CAMPO
Biomassa acima do solo	47%	47%
Biomassa abaixo do solo	47%	47%
Madeira morta (em pé e caída)	47%	50%
Serapilheira	47%	40%

A seguir são descritos os métodos e dados utilizados para estimar a biomassa e o estoque de carbono de cada fitofisionomia em cada um dos biomas. Maiores detalhes dos métodos e valores utilizados são apresentados no Relatório de Referência "Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas".

Bioma Amazônia

Dados do Projeto RADAMBRASIL

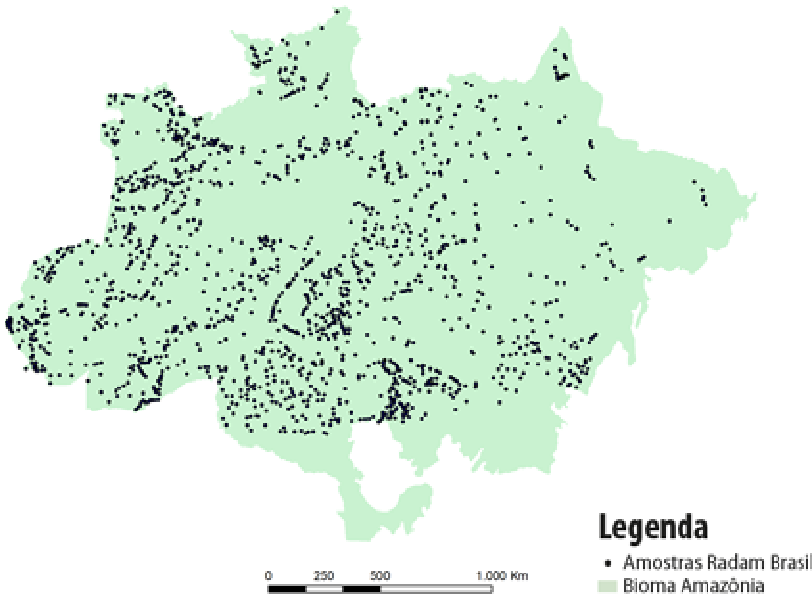
Assim como no Segundo Inventário, a biomassa da vegetação do bioma amazônico foi estimada majoritariamente a partir do inventário florestal e dos mapas do Projeto RADAMBRASIL. Das 29 fitofisionomias, nove representam aproximadamente 90% do bioma. Para essas, foram utilizadas amostras do RADAMBRASIL: Florestas Ombrófilas Abertas Aluvial (Aa), das Terras Baixas (Ab) e Submontana (As), Florestas Ombrófilas Densas Aluvial (Da), das Terras Baixas (Db), Montana (Dm) e Submontana (Ds), Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Fs) e Campinarana Florestada (Ld).

Para este Terceiro Inventário, somente amostras do RADAMBRASIL que apresentassem a sua localização com coordenadas geográficas foram utilizadas, desconsiderando as amostras que continham apenas informação do volume do RADAMBRASIL. Foram ainda desconsideradas amostras que não apresentassem um número representativo por fitofisionomia (menos de 10 amostras por fitofisionomia). Na primeira parte do trabalho, para a estimativa da biomassa média por fitofisionomia, foram usados valores de diâmetro à altura do peito (DAP[15]) de 100.222 árvores medidas em 1.668 amostras do RADAMBRASIL.

Posteriormente, foi proposta uma regionalização dos valores de biomassa em função da distribuição da área basal dos indivíduos arbóreos por todo o bioma Amazônia. Para essa etapa, foram incluídas as amostras com pouca representatividade para agregar mais informações às regiões onde foram inventariadas. Dessa forma, para essa regionalização, foram utilizados dados de 102.837 árvores medidas em 1.682 amostras do RADAMBRASIL (Figura A1.14).

15 *Os valores de CAP medidos pelo RADAMBRASIL foram convertidos para DAP, pois esse é o parâmetro de entrada das equações alométricas. Para a conversão, utilizou-se a seguinte equação:* $DAP = \frac{CAP}{\pi}$

FIGURA A1.14
Distribuição das amostras utilizadas do Projeto RADAMBRASIL



Seleção das equações alométricas

Para o Terceiro Inventário foram testadas diferentes equações alométricas, buscando definir aquelas que pudessem melhor representar a variação fitofisionômica de todo o bioma (BROWN, 1997; CARVALHO JR. et al., 1998; ARAÚJO et al., 1999; BAKER et al., 2004; CHAVE et al., 2005). A escolha dessas equações foi feita com base na abrangência regional das coletas dos dados de campo, densidade amostral e distribuição espacial das amostras – de maneira a representar a grande variabilidade da floresta. Foram testadas as seguintes equações:

$AGB_{inicial}$= 42,69 – 12,8 X DAP + 1,242 X DAP2, by Brown (1997) (Equação 1)

$AGB_{inicial}$= $EXP^{-2,134+(2,53xln(DBH))}$, by Brown (1997) (Equação 2)

$AGB_{inicial}$= 0,6 X (4,06 X DBH 1,76), de Araújo et al. (1999) (Equação 3)

$AGB_{inicial}$= $1000 \times 0,6 \times EXP^{3,323+2,546xln}\left(\frac{DAP}{100}\right)$

de Carvalho Jr. et al. (1998) (Equação 4)

$AGB_{inicial}$= $EXP^{2,42xln(DAP)-2}$, de Baker et al. (2004) (Equação 5)

$AGB_{inicial}$= $EXP^{0,33xln(DAP)+0,933xln(DAP)2-0,122xln(DAP)3-0,37}$,

de Baker et al. (2004) (Equação 6)

$AGB_{inicial}$= $0,642 \ X \ EXP^{-1,499+2,148xln(DAP)+0,207xln(DAP)^2-0,0281xln(DAP)^3}$,

de Chave et al. (2005) (Equação 7)

onde $AGB_{inicial}$ corresponde à massa seca da árvore em kg e o DAP da árvore é dado em cm.

Todas as árvores tiveram sua biomassa calculada seguindo cada uma das diferentes equações. Em seguida, foram realizados os seguintes passos: (1) foi somada a biomassa de todas as árvores dentro de cada amostra do

RADAMBRASIL (AGBinicial); (2) essas amostras foram separadas por fitofisionomia; e (3) calculou-se a média de AGBinicial (t/ha) das amostras para cada fitofisionomia, uma vez que cada amostra do RADAMBRASIL possui um hectare.

Fatores de expansão e razões

Como as árvores amostradas pelo RADAMBRASIL possuem DAP maior ou igual a 31,83 cm, aplicaram-se dois fatores de expansão para incluir árvores com DAP entre 10 e 31,83 cm baseado na estrutura da fitofisionomia (florestas densas e não densas)[16], conforme proposto por Nogueira et al. (2008) e apresentado na Tabela A1.8. Para estimarem essas proporções, os autores também utilizaram os dados do RADAMBRASIL e coletaram dados em campo em diferentes regiões da Amazônia.

Assim, chega-se a:

$$MEDIA\ (AGB_{correção} \times ha^{-1}) = MEDIA\ (AGB_{inicial} \times ha^{-1}) \times Fator\ de\ correção_{\ 10<DAP<31,83}$$

TABELA A1.8

Fatores de expansão para inclusão de biomassa de árvores com DAP entre 10 e 31,83 cm das fitofisionomias do projeto RADAMBRASIL

FITOFISIONOMIA	TIPOLOGIA FLORESTAL	FATOR DE EXPANSÃO 10<DAP<31,83 CM
Aa	Não densa	1,506
Ab	Não densa	1,506
As	Não densa	1,506
Da	Densa	1,537
Db	Densa	1,537
Dm	Densa	1,537
Ds	Densa	1,537
Fs	Não densa	1,506
Ld	Não densa	1,506

Fonte: Nogueira et al. (2008)

Foram ainda aplicadas outras razões segundo revisão de Nogueira et al. (2008) em diferentes regiões da Amazônia, para florestas densas e para florestas não densas, a fim de incluir palmeiras, lianas, plantas do sub-bosque, estrato herbáceo, madeira morta, serapilheira e biomassa abaixo do solo. A Tabela A1.9 apresenta os fatores de expansão e razões por reservatório. Com base nesses valores chega-se a:

16 *As árvores com DAP entre 10 e 31,83 cm correspondem a uma contribuição relativa de 33,6% no caso das florestas não densas e de 34,9% no caso das florestas densas na Amazônia (NOGUEIRA et al., 2008).*

$$MEDIA(AGB_{total} \times ha^{-1}) = MEDIA(AGB_{correção} \times ha^{-1}) + (MEDIA(AGB_{correção} \times ha^{-1}) \times \text{Fator de Correção Total})$$

TABELA A1.9

Fatores de expansão e razões (em porcentagem da biomassa seca) para a inclusão da biomassa de palmeiras, lianas, sub-bosque, estrato herbáceo, madeira morta, serapilheira e biomassa abaixo do solo em florestas densas e não densas na região Amazônica

TIPOLOGIA FLORESTAL	PALMEIRAS	LIANAS	SUB-BOSQUE	ESTRATO HERBÁCEO	MADEIRA MORTA	SERAPILHEIRA	BIOMASSA ABAIXO DO SOLO	VALOR TOTAL
Densa	1,90	3,40	4,30	0,21	9,40	4,10	31,00	54,31
Não Densa	8,60	2,10	3,90	0,21	8,10	5,90	10,00	38,81

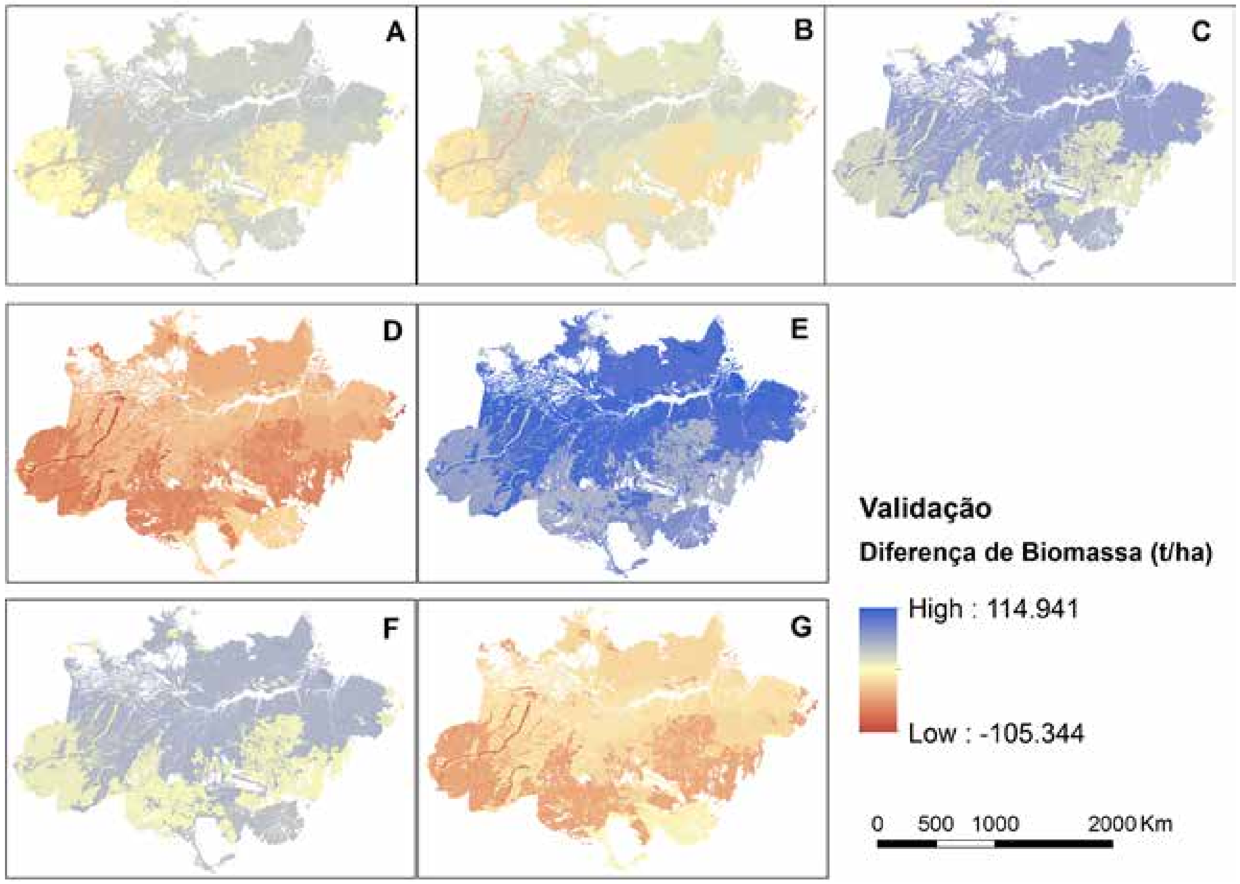
Fonte: Nogueira et al. (2008); Fearnside et al. (1992).

Comparação das equações alométricas

Para comparar os valores de biomassa obtidos por cada uma das equações alométricas testadas, utilizaram-se os valores de biomassa acima do solo de inventários florestais disponibilizados por Mitchard et al. (2014). Esses inventários fazem parte dos projetos *Amazon Forest Inventory Network* (RAINFOR), *Tropical Ecology Assessment and Monitoring* (TEAM), *Amazon Tree Diversity Network*, Programa de Pesquisa em biodiversidade (PPBio), além de outros obtidos da literatura científica. As parcelas desses projetos foram distribuídas pela Amazônia brasileira e a biomassa foi estimada a partir de uma equação alométrica utilizando DAP, altura e densidade. Por se tratar de uma base de dados independente, esses dados foram utilizados para avaliar as diferenças entre as equações testadas no Terceiro Inventário. Desse modo, o mapa de biomassa média acima do solo por fitofisionomia criado a partir dos dados utilizados em Mitchard et al. (2014) foi comparado, a partir de uma subtração, com os mapas de biomassa média acima do solo por fitofisionomia gerados pelas diferentes equações alométricas (Figura A1.15). As menores variações são encontradas principalmente em A e B, ou seja, resultantes da aplicação das equações 1 e 2 de Brown (1997) (Figura A1.15), indicando convergência entre os valores obtidos a partir da aplicação dessa equação alométrica à base de dados do RADAMBRASIL e os dados obtidos a partir de outras bases de dados à qual aplicou-se equação alométrica com parâmetros estruturais adicionais (altura e densidade da madeira). As equações propostas por Brown (1997) baseiam-se em dados pantropicais que incluem coletas na Amazônia e contemplam a variação encontrada em florestas tropicais.

FIGURA A1.15

Diferença entre a biomassa acima do solo estimada por Mithchard et al. (2014) e as estimadas pelas equações 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7 (G)



Foi realizada ainda uma comparação das estimativas de biomassa das diferentes equações alométricas em função do aumento do DAP (Figura A1.16). Nessa análise foi também incluída a equação de Higuchi et al. (1998), utilizada no Segundo Inventário. Tanto a equação de Higuchi et al. (1998) quanto a equação 1 quadrática de Brown (1997) tendem a subestimar os indivíduos de maior porte (Figura A1.16). Entretanto, Brown (1997) indica a utilização da equação (2) (exponencial) para árvores com o DAP menor que 160 cm e a equação (1) quadrática para árvores com DAP maior ou igual a 160 cm. De acordo com o histograma da Figura A1.17, que apresenta a frequência de árvores inventariadas pelo RADAMBRASIL por classes de DAP, há uma maior ocorrência de árvores com DAP entre 31,83 e 130 cm. Sendo assim, a equação exponencial de Brown (1997) é mais indicada, já que grande parte da biomassa concentra-se nos indivíduos com DAP abaixo de 160 cm. Dessa forma, a subestimativa dos indivíduos com DAP maior que 160 cm, devido à utilização da equação quadrática (1), seria compensada pela superestimativa das árvores com DAP próximo ao limiar de 160 cm.

FIGURA A1.16

Biomassa acima do solo calculada a partir das equações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e Higuchi et al. (1998) para os valores de DAP

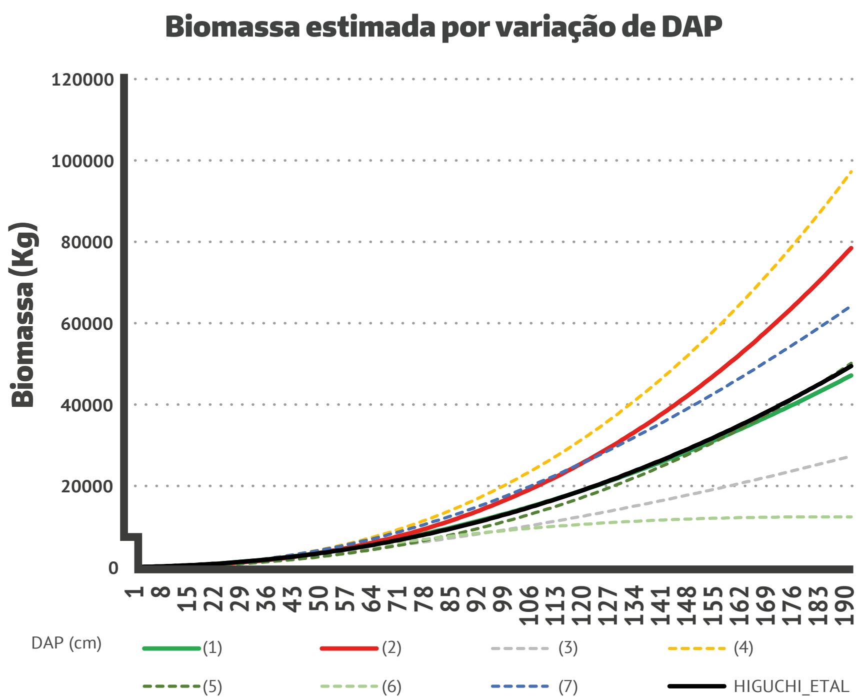
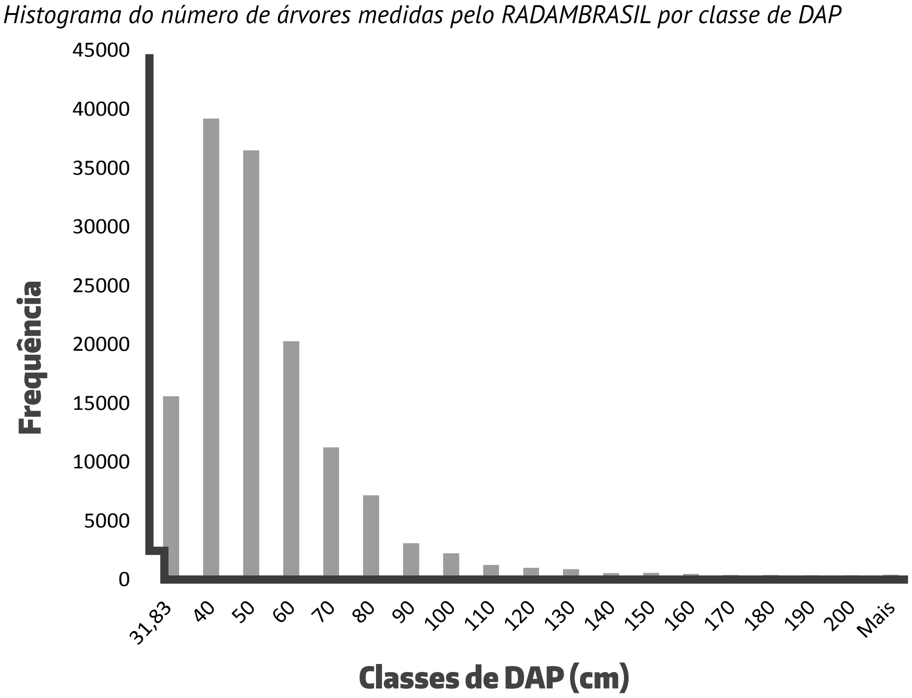


FIGURA A1.17

Histograma do número de árvores medidas pelo RADAMBRASIL por classe de DAP



Com base nas análises anteriormente descritas, o Terceiro Inventário utilizou as equações de Brown (1997), em substituição à equação de Higuchi et al. (1998) aplicada no Segundo Inventário, seguindo o critério:

$AGB_{inicial} = EXP^{-2.134+(2.53 x \ln(DAP)}$, para árvores com DAP < 160 cm

$AGB_{inicial} = 42.69 - 12.8 \text{ x } DAP + 1.242 \text{ x } DAP^2$, para árvores com DAP ≥ 160 cm

A essas equações foram aplicados os fatores de expansão e razões descritos anteriormente (Tabelas 6.8 e 6.9) para a estimativa da média de biomassa total por fitofisionomia.

Fitofisionomias não representadas no RADAMBRASIL

Para as demais 20 fitofisionomias da Amazônia, que representam aproximadamente 10% da área total do bioma, utilizaram-se dados da literatura científica. Para as Florestas Estacionais Deciduais das Terras Baixas (Cb) e Submontana (Cs), além das Florestas Estacionais Semideciduais Aluvial (Fa) e das Terras Baixas (Fb) foram utilizados, para todos os reservatórios, os valores estimados por Nogueira et al. (2008).

Para Floresta Estacional Semidecidual Montana (Fm), optou-se pelos mesmos valores de Floresta Ombrófila Densa Montana (Dm), que, por sua vez, foram os obtidos pelos dados do RADAMBRASIL. Isso foi feito devido à falta de estudos nessa fitofisionomia na região e à proximidade dos seus fragmentos (Fm e Dm) no bioma.

Para as Campinaranas Arborizada (La) e Arbustiva (Lb), optou-se pelos valores de biomassa acima do solo e serapilheira apresentados por Barbosa & Ferreira (2004) em campina na Amazônia brasileira. Para a estimativa da biomassa abaixo do solo dessas fitofisionomias, foi utilizada a razão biomassa abaixo e acima do solo em campinarana na Venezuela segundo Bongers et al. (1985). Especificamente para La, foi utilizado uma razão do IPCC (2003) para a estimativa da madeira morta.

Para a Campinarana Gramíneo-Lenhosa (Lg), devido à falta de informação quanto à biomassa dessa fitofisionomia na Amazônia brasileira, foram utilizados os valores do trabalho de Bongers et al. (1985), realizado na Amazônia venezuelana. Os autores apresentam valores para todos os reservatórios aqui considerados.

A Vegetação com Influência Fluvial e/ou Lacustre (Pa), presente nas áreas de várzeas dos rios da região amazônica, teve como referência de biomassa acima do solo e madeira morta o trabalho realizado por Xavier (2009) na Amazônia Central. Para a biomassa abaixo do solo, foi escolhido o valor encontrado por Cattanio et al. (2004). A serapilheira acumulada foi estimada a partir da aplicação da equação de regressão para a decomposição de serapilheira ao longo do tempo de Cabianchi (2010) aos dados de serapilheira depositada encontrados por Cattanio et al. (2004). Os valores de madeira morta foram aqueles encontrados por Chao et al. (2008).

Com relação às Formações Pioneiras com Influência Fluviomarinha (mangue ou Pf), foi utilizado o valor de biomassa acima do solo proposto por Hutchison et al. (2013) para mangues no Brasil, que também apresenta uma equação para estimar a biomassa abaixo do solo, usada para o cálculo desse reservatório. A razão de madeira morta foi obtida a partir do trabalho de Fernandes (1997), desenvolvido nessa fitofisionomia e bioma, enquanto o valor de serapilheira foi aquele encontrado por Ramos e Silva et al. (2007) no Rio Grande do Norte. Por sua vez, os valores para as Pioneiras com Influência Marinha (restinga ou Pm) foram os mesmos utilizados para as restingas no bioma Mata Atlântica.

Para a Savana Arborizada (Sa) na Amazônia foi utilizado o mesmo valor proposto para essa fitofisionomia no Cerrado. Para a Savana Florestada (Sd) foi adotado o valor para essa fitofisionomia no bioma Cerrado, nos estados de Tocantins, Piauí e Maranhão.

Para as Savanas Gramíneo-Lenhosa (Sg) e Parque (Sp), assim como para as Savanas Estépicas Arborizada (Ta), Gramíneo-Lenhosa (Tg) e Parque (Tp), foram utilizados os valores de biomassa acima do solo, madeira morta e serapilheira apresentados por Barbosa & Fearnside (2005) na Amazônia. Para a estimativa da biomassa abaixo do solo, foram utilizadas razões propostas por Miranda et al. (2014).

Para a Savana Estépica Florestada (Td) e o Refúgio Montano (Rm) optou-se pelos valores de Barbosa e Fearnside (1999) e, para estimar a biomassa abaixo do solo, aplicou-se as razões de Miranda et al. (2014).

Mapa de biomassa total média por fitofisionomia da Amazônia

Para a elaboração do mapa de biomassa total média por fitofisionomia da Amazônia (Figura A1.20), foi realizada a junção dos valores de biomassa total média por fitofisionomia (Tabela A1.10) com o arquivo vetorial (*shapefile*) do mapa de vegetação pretérita.

TABELA A1.10

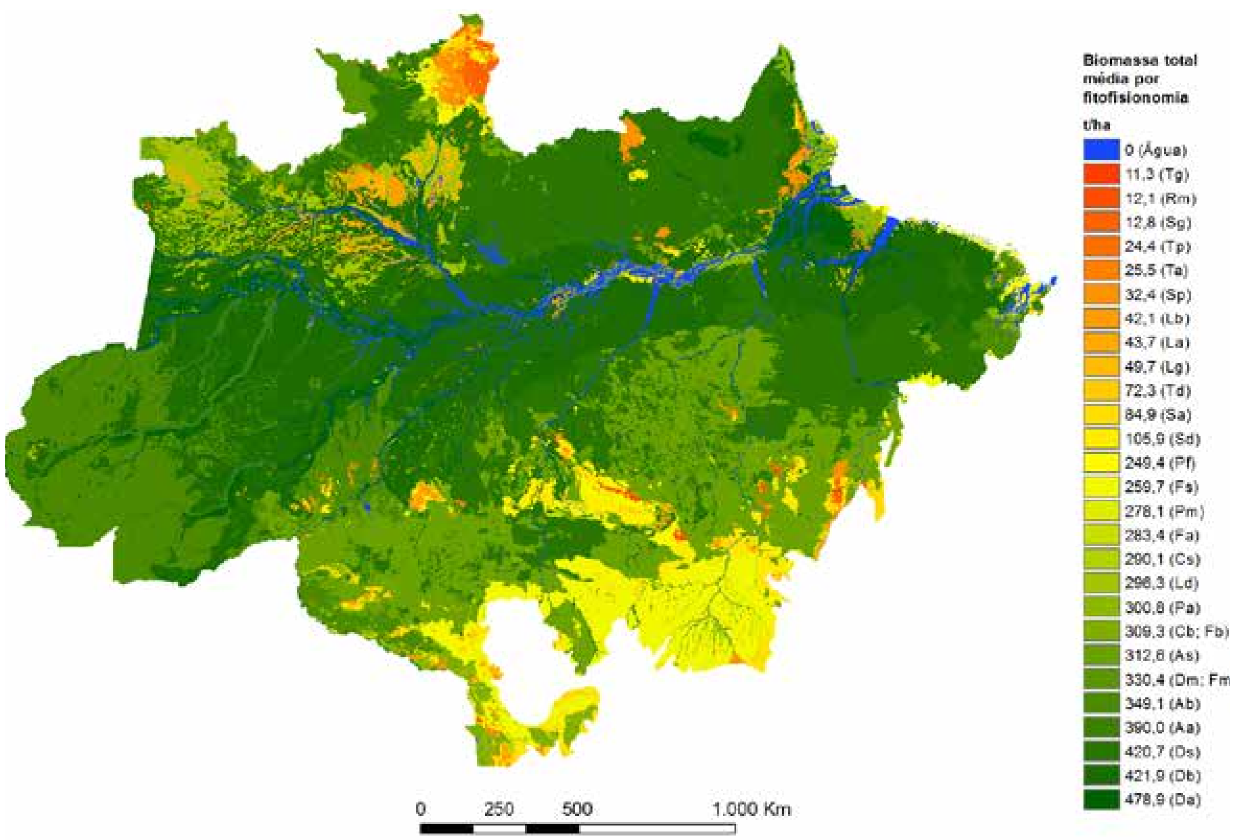
Biomassa total (BT) média por unidade de área (t/ha) para as diferentes fitofisionomias no bioma Amazônia

SIGLA	FITOFISIONOMIA	BT (t/ha)
Aa	Floresta Ombrófila Aberta Aluvial	390,00
Ab	Floresta Ombrófila Aberta Terras Baixas	349,11
As	Floresta Ombrófila Aberta Submontana	312,65
Cb	Floresta Estacional Decidual Terras Baixas	309,30
Cs	Floresta Estacional Decidual Submontana	290,10
Da	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	478,92
Db	Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas	421,87
Dm	Floresta Ombrófila Densa Montana	330,36
Ds	Floresta Ombrófila Densa Submontana	420,66
Fa	Floresta Estacional Semidecidual aluvial	283,40
Fb	Floresta Estacional Semidecidual de terras baixas	309,30
Fm	Floresta Estacional Semidecidual montana	330,36
Fs	Floresta Estacional Semidecidual Submontana	259,70
La	Campinarana Arborizada	117,10
Lb	Campinarana Arbustiva	40,76
Ld	Campinarana Florestada	296,34
Lg	Campinarana gramíneo lenhosa	51,58
Pa	Vegetação com influência fluvial e/ou lacustre	300,81
Pf	Pioneiras com influência fluviomarinha	302,44
Pm	Pioneiras com influência Marinha	278,09
Rm	Refúgio montano	12,12

continua na próxima página

SIGLA	FITOFISIONOMIA	BT (t/ha)
Sa	Savana Arborizada	84,94
Sd	Savana Florestada	105,88
Sg	Savana Gramíneo-Lenhosa	25,24
Sp	Savana Parque	32,42
Ta	Savana Estépica Arborizada	25,45
Td	Savana Estépica Florestada	72,33
Tg	Savana Estépica Gramíneo Lenhosa	11,24
Tp	Savana Estépica Parque	24,44

FIGURA A1.18
Mapa de biomassa total para a Amazônia com valores médios por fitofisionomia



Regionalização da biomassa com base nas amostras RADAMBRASIL

A distribuição da biomassa dentro de uma mesma fitofisionomia nem sempre é homogênea, principalmente em um bioma tão extenso, fato esse confirmado pela amplitude do desvio padrão das amostras RADAMBRASIL em uma

mesma fitofisionomia (Tabela A1.11). Essa heterogeneidade pode ser explicada por fatores climáticos, geológicos, pedológicos, geomorfológicos e/ou ecológicos, dentre outros. De acordo com Malhi et al. (2006), a área basal apresenta variações locais, podendo ser usada para representar a variação da biomassa dentro de uma mesma fitofisionomia ou até mesmo entre as diferentes fitofisionomias da Amazônia. Dessa maneira, a fim de explorar a distribuição dos dados do RADAMBRASIL e melhor representar a variação espacial da biomassa, optou-se por regionalizá-la em função da distribuição da área basal ao longo de todo o bioma amazônico.

TABELA A1.11

Valores médios de biomassa total (BT) e desvio padrão (SD) das fitofisionomias do bioma Amazônia obtidos a partir de dados do RADAMBRASIL

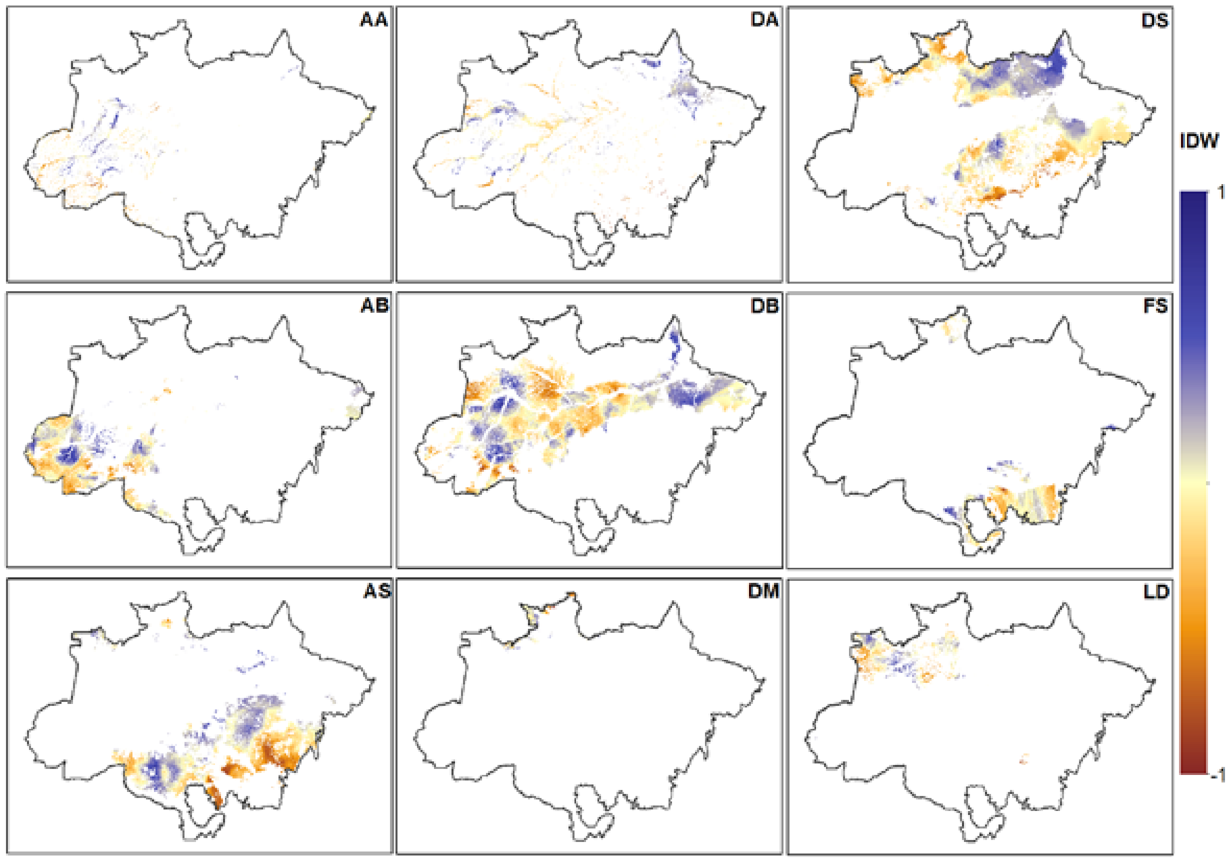
FISIONOMIA	BT (t/ha)	SD (t/ha)
Aa	390,00	174,90
Ab	349,11	125,39
As	312,65	139,88
Da	478,92	224,73
Db	421,87	145,52
Dm	330,36	114,55
Ds	420,66	182,63
Fs	259,70	98,72
Ld	296,34	112,00

Para isso, realizou-se uma interpolação espacial da área basal, calculada a partir das 1682 amostras do RADAMBRASIL, utilizando o método do Inverso da Distância Ponderada (*Inverse Distance Weighting* – IDW) de acordo com o proposto por Malhi et al. (2006). Nesse processo, foram aplicados novamente os fatores de expansão e razões propostos por Nogueira et al. (2008) para inclusão dos indivíduos entre 10 e 31,83 cm de DAP (Tabela A1.8).

Em seguida, conforme metodologia aplicada por Malhi et al. (2006), foram extraídos os *outliers* para diminuir o efeito denominado pelos autores como *bullseye*, resultante da interpolação pelo método IDW. Após a exclusão dos *outliers*, foi criada uma superfície interpolada IDW, gerada a partir do software ArcMap. Posteriormente, a superfície IDW foi recortada para cada uma das nove fitofisionomias, a partir do mapa de vegetação pretérita. O passo seguinte foi normalizar cada uma das nove superfícies IDW recortadas, a fim de que seus valores variassem entre -1 e 1 (Figura A1.19).

FIGURA A1.19

Mapas de distribuição dos valores de IDW normalizado em cada fitofisionomia do RADAMBRASIL



Após esse processo, esses recortes de IDW normalizados foram mosaicados, gerando um mapa único (em formato *raster*) com todas as fitofisionomias juntas. Finalmente, foi calculada a biomassa regionalizada em função da área basal seguindo a equação abaixo.

$$Bio_{reg} = Bio_{med} + (SD_{biomassa} \times IDW_{mos})$$

Onde:

Bio_{reg}: *raster de biomassa regionalizada*[17];

Bio_{med}: *raster de biomassa média por fitofisionomia;*

$SD_{biomassa}$: *raster de desvio padrão da biomassa por fitofisionomia; e*

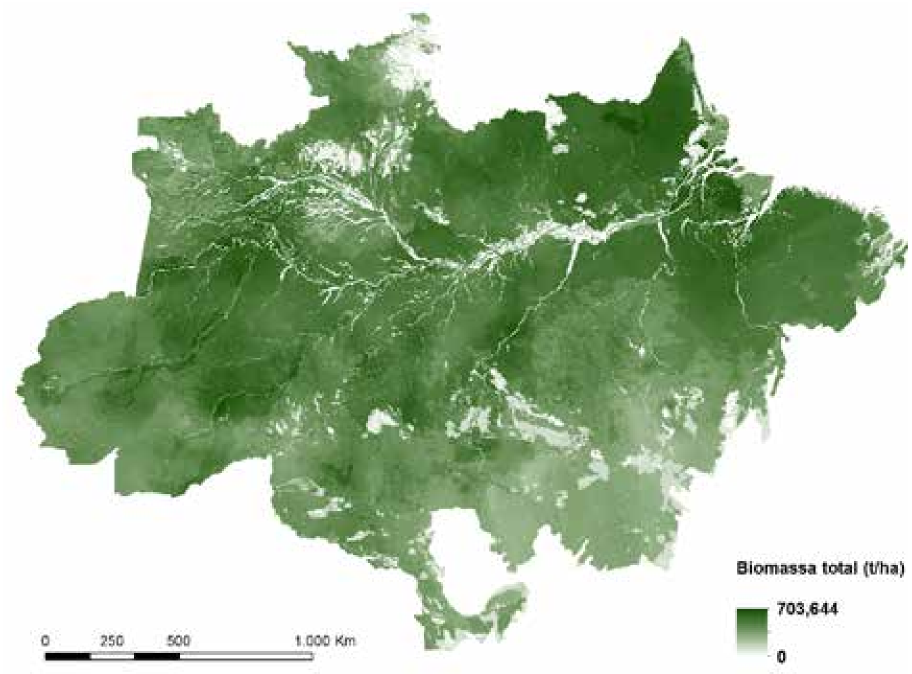
DW_{mos} : *raster de IDW mosaicado.*

É importante ressaltar que o desvio padrão da biomassa das fitofisionomias não amostradas pelo RADAMBRASIL foi tratada com o valor zero, fazendo com que seus valores de biomassa regionalizada sempre fossem iguais às suas médias. Dessa forma, foi possível gerar o mapa da biomassa total regionalizada por fitofisionomia (Figura A1.20). O histograma abaixo desse mapa representa a distribuição dos valores de biomassa (Figura A1.20).

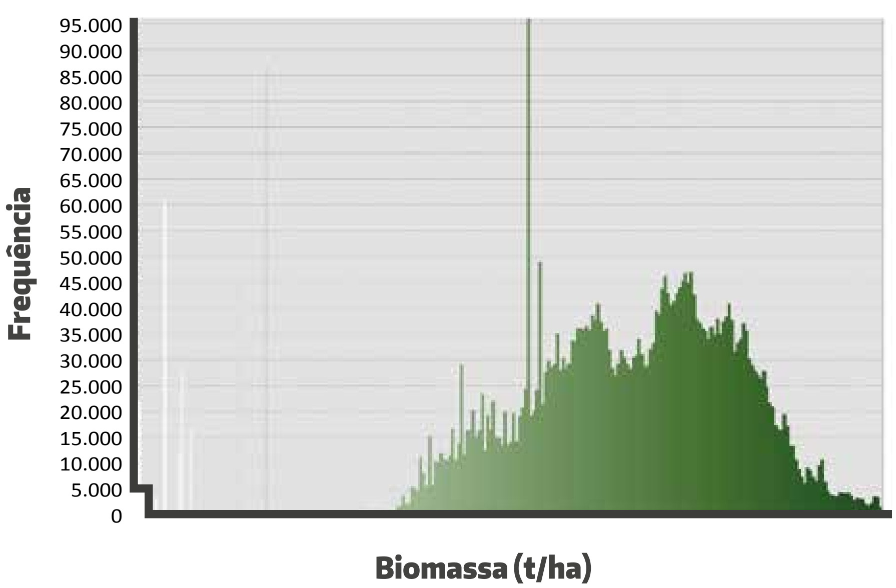
17 O raster *de biomassa regionalizada pode ser criado para cada reservatório ou considerando a soma de todos os reservatórios, de acordo com o* raster *utilizado (média de biomassa total por fitofisionomia, biomassa acima do solo, abaixo do solo, serapilheira ou madeira morta).*

FIGURA A1.20

Mapa de biomassa total, incluindo biomassa viva e morta, regionalizada por fitofisionomia na Amazônia (a) e histograma de valores de biomassa total (b)



(a)



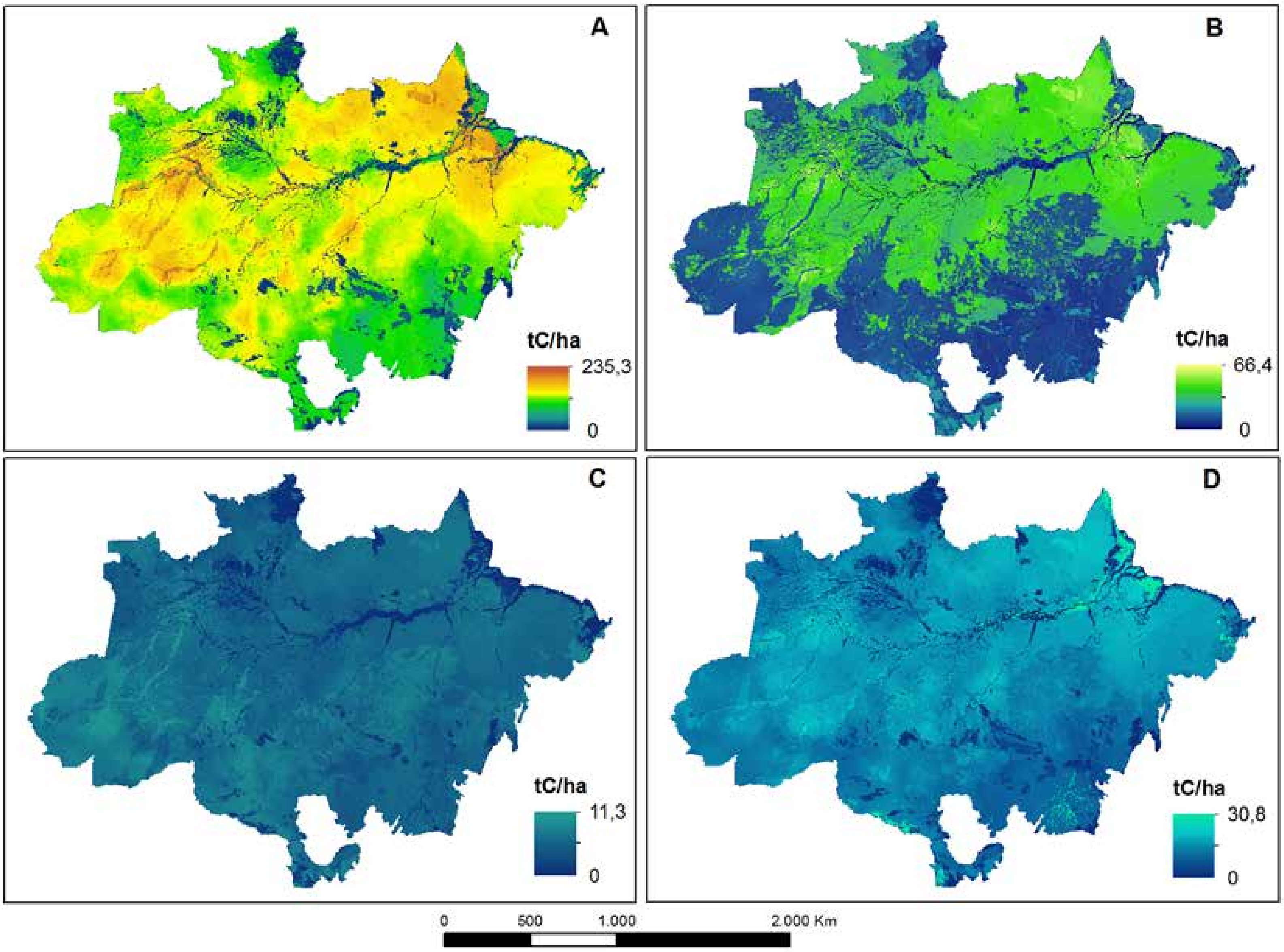
(b)

Regionalização dos estoques de carbono

O mapa de biomassa regionalizada foi convertido em estoque de carbono, conforme Tabela A1.7. Posteriormente, foram gerados os mapas para cada um dos reservatórios (biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo, madeira morta e serapilheira) (Figura A1.21).

FIGURA A1.21

Mapas de estoque de carbono (t C/ha) da Amazônia baseados no mapa de biomassa regionalizada dos diferentes reservatórios (Acima do solo – A; Abaixo do solo – B; Serapilheira – C e Madeira Morta – D)

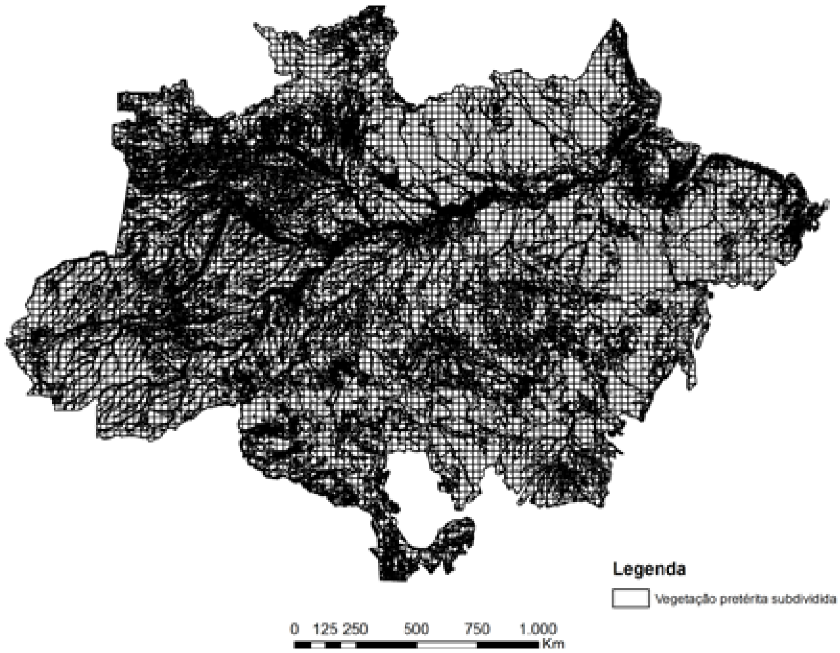


Foi necessário fazer um processo de estatística zonal para transferir os valores de carbono dos pixels para os polígonos que compõem o mapa de contabilização dos estoques de carbono. Esse mapa é a representação vetorial da vegetação pretérita unida a um espaço celular[18] com resolução de 0,25 graus decimais (Figura A1.22), em formato *shapefile*. Foi atribuída uma média dos valores de estoque de carbono dos pixels às feições desse *shapefile*. Aos pixels que se encontravam na fronteira entre duas feições ou mais (pixels de borda), foi considerada a localização dos seus centróides[19], ou seja, a feição a que estivessem inscritos.

18 Espaço celular é uma unidade espacial homogênea de análise composta por grade regular de células onde cada célula apresenta um conjunto de atributos.
19 Centroide é o ponto correspondente ao centro geométrico de uma determinada feição.

FIGURA A1.22

Representação vetorial da vegetação pretérita unida ao espaço celular com resolução de 0,25 graus decimais



Nas Figuras A1.23 a A1.26 são apresentados os mapas para cada reservatório resultantes da combinação do estoque de carbono regionalizado em função da área basal e no mapa de fitofisionomias subdividido pelos espaços celulares. Por fim, a Figura A1.27 apresenta o mapa de estoque de carbono total do bioma Amazônia. A Tabela A1.12 apresenta os valores de estoque médio de carbono total utilizados para cada uma das 29 fitofisionomias do bioma Amazônia, referências de onde os valores, fatores de expansão e razões foram retirados, critérios para a escolha e outros trabalhos cujos valores foram cogitados.

FIGURA A1.23

Mapa regionalizado do estoque de carbono (t C/ha) da biomassa acima do solo na Amazônia

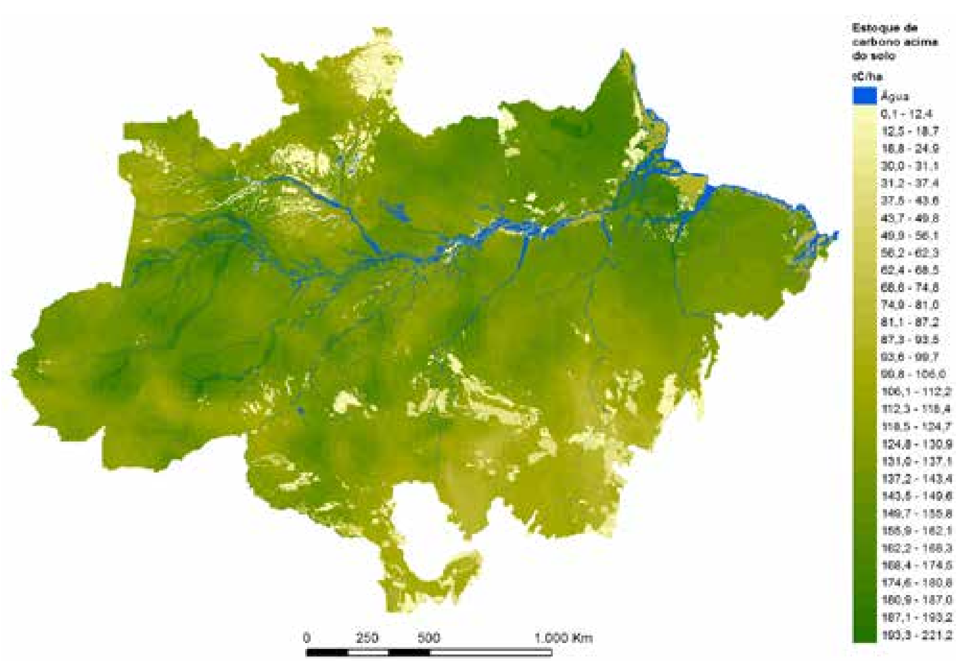


FIGURA A1.24

Mapa regionalizado do estoque de carbono (t C/ha) da madeira morta na Amazônia

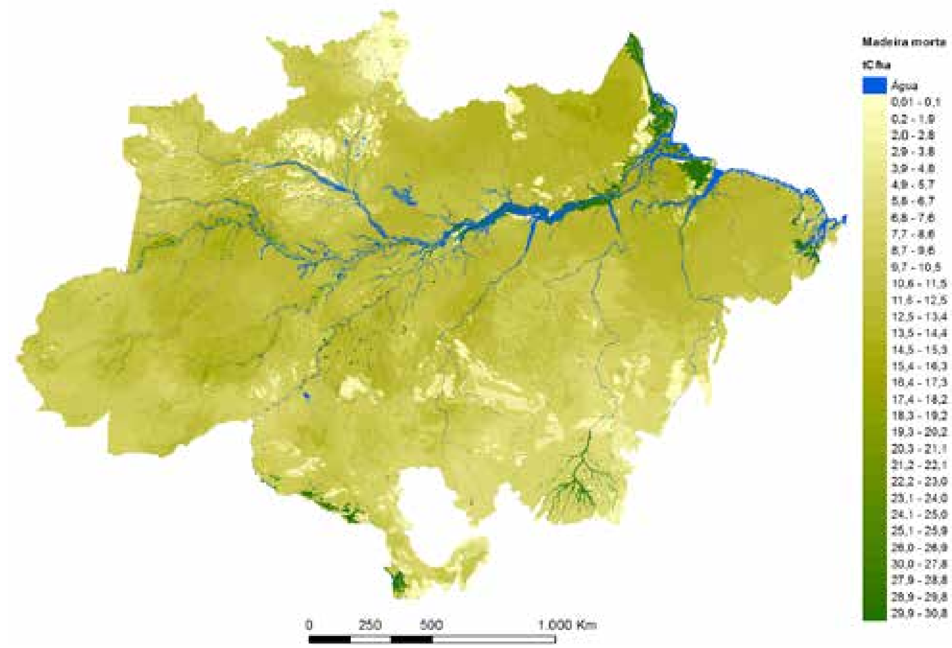


FIGURA A1.25

Mapa regionalizado do estoque de carbono (t C/ha) da serapilheira na Amazônia

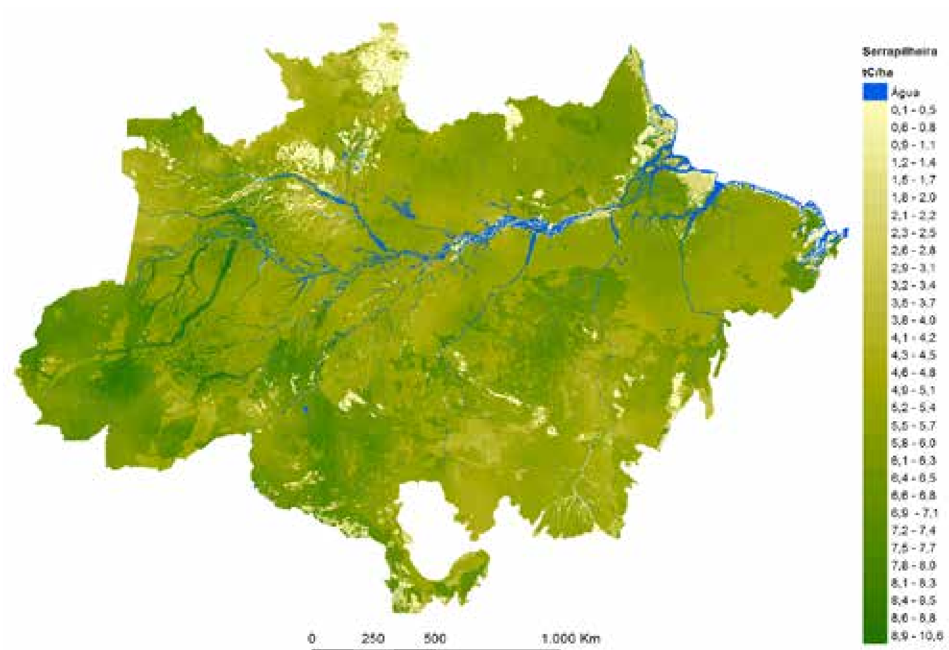


FIGURA A1.26

Mapa regionalizado do estoque de carbono (t C/ha) da biomassa abaixo do solo na Amazônia

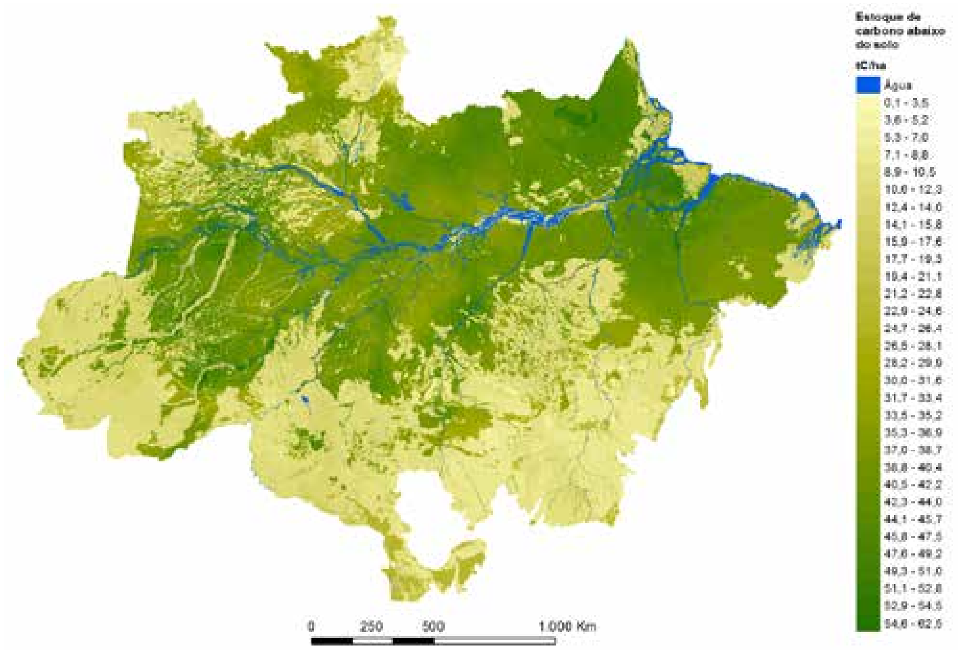


FIGURA A1.27

Mapa regionalizado do estoque de carbono total, incluindo a biomassa viva e morta, na Amazônia

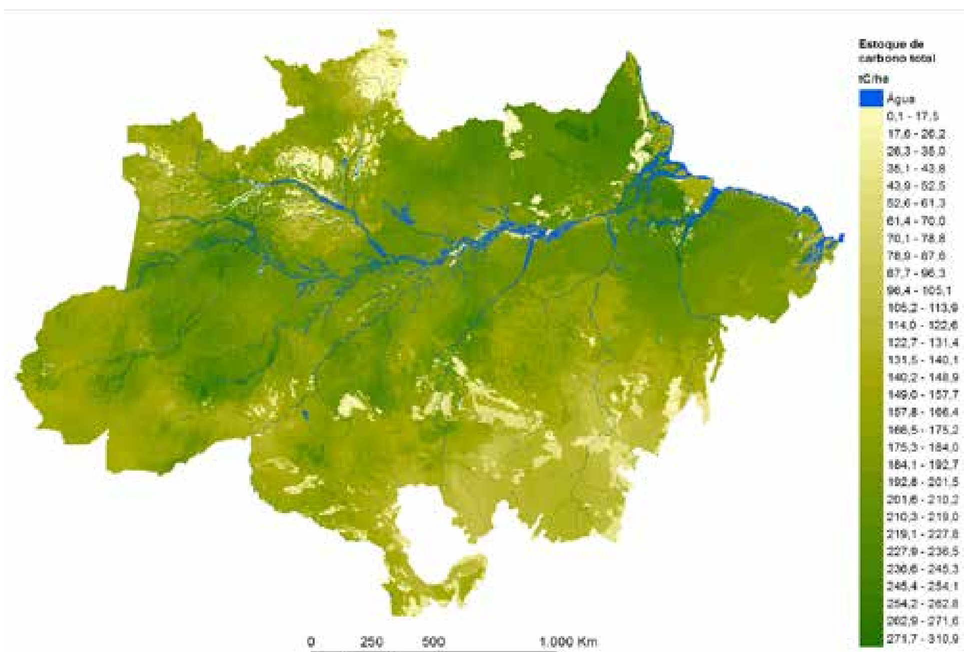


TABELA A1.12

Estoque de carbono total por unidade de área (t C/ha) das fitofisionomias no bioma Amazônia; bioma de origem da estimativa de biomassa acima do solo; fontes utilizadas para gerar o estoque de carbono total; critérios utilizados na escolha das fontes; e outras fontes consultadas

SIGLA	ESTOQUE TOTAL (t C/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Aa	183,3	Amazônia	RADAMBRASIL (árvores); Brown (1997) (equação alométrica); Nogueira et al. (2008) (sub-bosque, palmeiras, lianas, biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira); Fearnside (1992) (herbáceas)	Na fitofisionomia no bioma; abrangência geográfica; esforço amostral	Carvalho Jr. et al. (1998); Araújo et al. (1999); Cummings et al. (2002); Baker et al. (2004); Chave et al. (2005)
Ab	164,08	Amazônia	RADAMBRASIL (árvores); Brown (1997) (equação alométrica); Nogueira et al. (2008) (sub-bosque, palmeiras, lianas, biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira); Fearnside (1992) (herbáceas)	Na fitofisionomia no bioma; abrangência geográfica; esforço amostral	Carvalho Jr et al. (1998); Araújo et al. (1999); Cummings et al. (2002); Baker et al. (2004); Chave et al. (2005)
As	146,94	Amazônia	RADAMBRASIL (árvores); Brown (1997) (equação alométrica); Nogueira et al. (2008) (sub-bosque, palmeiras, lianas, biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira); Fearnside (1992) (herbáceas)	Na fitofisionomia no bioma; abrangência geográfica; esforço amostral	Carvalho Jr. et al. (1998); Araújo et al. (1999); Cummings et al. (2002); Baker et al. (2004); Chave et al. (2005)
Cb	145,37	Amazônia	Nogueira et al. (2008) (todos os reservatórios)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios; amostras do RADAMBRASIL	NA
Cs	136,35	Amazônia	Nogueira et al. (2008) (todos os reservatórios)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios; amostras do RADAMBRASIL	NA
Da	225,09	Amazônia	RADAMBRASIL (árvores); Brown (1997) (equação alométrica); Nogueira et al. (2008) (sub-bosque, palmeiras, lianas, biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira); Fearnside (1992) (herbáceas)	Na fitofisionomia no bioma; abrangência geográfica; esforço amostral	Carvalho Jr. et al. (1998); Araújo et al. (1999); Cummings et al. (2002); Baker et al. (2004); Chave et al. (2005)
Db	198,28	Amazônia	RADAMBRASIL (árvores); Brown (1997) (equação alométrica); Nogueira et al. (2008) (sub-bosque, palmeiras, lianas, biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira); Fearnside (1992) (herbáceas)	Na fitofisionomia no bioma; abrangência geográfica; esforço amostral	Alves et al. (1997); Carvalho Jr. et al. (1998); Araújo et al. (1999); Cummings et al. (2002); Baker et al. (2004); Chave et al. (2005); Nascimento et al. (2007)
Dm	155,27	Amazônia	RADAMBRASIL (árvores); Brown (1997) (equação alométrica); Nogueira et al. (2008) (sub-bosque, palmeiras, lianas, biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira); Fearnside (1992) (herbáceas)	Na fitofisionomia no bioma; abrangência geográfica; esforço amostral	Alves et al. (1997); Carvalho Jr et al. (1998); Araújo et al. (1999); Cummings et al. (2002); Baker et al. (2004); Chave et al. (2005)
Ds	197,71	Amazônia	RADAMBRASIL (árvores); Brown (1997) (equação alométrica); Nogueira et al. (2008) (sub-bosque, palmeiras, lianas, biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira); Fearnside (1992) (herbáceas)	Na fitofisionomia no bioma; abrangência geográfica; esforço amostral	Alves et al. (1997); Carvalho Jr. et al. (1998); Araújo et al. (1999); Cummings et al. (2002); Baker et al. (2004); Chave et al. (2005)

continua na próxima página

SIGLA	ESTOQUE TOTAL (t C/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Fa	133,2	Amazônia	Nogueira et al. (2008) (todos os reservatórios)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios; amostras do RADAMBRASIL	NA
Fb	145,37	Amazônia	Nogueira et al. (2008) (todos os reservatórios)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios; amostras do RADAMBRASIL	Nascimento et al. (2007)
Fm	155,27	Amazônia	Idem Dm na Amazônia	Fragmentos próximos à Dm	NA
Fs	122,06	Amazônia	RADAMBRASIL (árvores); Brown (1997) (equação alométrica); Nogueira et al. (2008) (sub-bosque, palmeiras, lianas, biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira); Fearnside (1992) (herbáceas)	Na fitofisionomia no bioma; abrangência geográfica; esforço amostral	Carvalho Jr. et al. (1998); Araújo et al. (1999); Baker et al. (2004); Chave et al. (2005)
La	20,52	Amazônia	Barbosa e Ferreira (2004) (biomassa acima do solo e serapilheira); Bongers et al. (1985) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2006) (madeira morta)	Biomassa acima do solo e serapilheira em campina na Amazônia reservatório	Barbosa e Fearnside (1999); Barbosa et al. (2010)
Lb	19,68	Amazônia	Barbosa e Ferreira (2004) (biomassa acima do solo e serapilheira); Bongers et al. (1985) (biomassa abaixo do solo)	Biomassa acima do solo e serapilheira em campina na Amazônia	NA
Ld	139,28	Amazônia	RADAMBRASIL (árvores); Brown (1997) (equação alométrica); Nogueira et al. (2008) (sub-bosque, palmeiras, lianas, biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira); Fearnside (1992) (herbáceas)	Na fitofisionomia no bioma; abrangência geográfica; esforço amostral	Carvalho Jr. et al. (1998); Araújo et al. (1999); Barbosa e Fearnside (1999); Baker et al. (2004); Barbosa e Ferreira (2004); Chave et al. (2005)
Lg	23,21	Amazônia	Bongers et al. (1985) (todos os reservatórios)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios	Barbosa e Fearnside (1999); Barbosa e Ferreira (2004); Barbosa et al. (2010)
Pa	141,38	Amazônia	Xavier (2009) (biomassa acima do solo e madeira morta); Cattanio et al. (2004) (biomassa abaixo do solo e serapilheira depositada); Cabianchi (2010) (taxa de decomposição); Chao et al. (2008) (madeira morta)	Localização nas várzeas dos rios	NA
Pf	117,2	Brasil	Hutchison et al. (2013) (biomassa acima e abaixo do solo); Fernandes (1997) (madeira morta); Ramos e Silva et al. (2007) (serapilheira)	Revisão e modelagem sobre mangues, valor para o Brasil	Fromard et al. (1998); Silva et al. (1998); Cogliatti-Carvalho e Mattos-Fonseca (2004); Medeiros e Sampaio (2008); Santos (2013)
Pm	130,7	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Na fitofisionomia	Silva et al. (2010)
Rm	5,67	Amazônia	Barbosa e Fearnside (1999) (biomassa acima do solo, madeira morta e serapilheira); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo)	Na fitofisionomia no bioma	Ottmar et al. (2001)

continua na próxima página

SIGLA	ESTOQUE TOTAL (t C/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Sa	39,92	Cerrado	Idem Cerrado	Na fitofisionomia	Barbosa e Fearnside (2005); Scolforo et al. (2008a); Fearnside et al. (2009); Haidar et al. (2013)
Sd	49,76	Cerrado	Idem Cerrado – TO/MA/PI	Na fitofisionomia; norte do Brasil	Scolforo et al. (2008a); Fearnside et al. (2009); Morais et al. (2013)
Sg	6,01	Amazônia	Barbosa e Fearnside (2005) (biomassa acima do solo, madeira morta e serapilheira); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios	Barbosa e Fearnside (1999); Ottmar et al. (2001); Fearnside et al. (2009)
Sp	15,21	Amazônia	Barbosa e Fearnside (2005) (biomassa acima do solo, madeira morta e serapilheira); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios	Barbosa e Fearnside (1999); Ottmar et al. (2001); Fearnside et al. (2009)
Ta	11,96	Amazônia	Barbosa e Fearnside (2005) (biomassa acima do solo, madeira morta e serapilheira); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios	Fearnside et al. (2009)
Td	33,99	Amazônia	Barbosa e Fearnside (1999) (biomassa acima do solo, madeira morta e serapilheira); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios	Fearnside et al. (2009)
Tg	5,27	Amazônia	Barbosa e Fearnside (2005) (biomassa acima do solo, madeira morta e serapilheira); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios	Fearnside et al. (2009)
Tp	11,45	Amazônia	Barbosa e Fearnside (2005) (biomassa acima do solo, madeira morta e serapilheira); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios	Barbosa e Fearnside (1999); Fearnside et al. (2009)

Comparação Amazônia: TCN X PRODES

Diferenças metodológicas são as principais responsáveis pelos valores divergentes de desflorestamento na Amazônia quando considerados a Terceira Comunicação Nacional (TCN) e o PRODES. As diferenças metodológicas vão desde os objetivos dos Projetos às escalas de execução e áreas monitoradas. O objetivo do PRODES é o monitoramento do desflorestamento na forma de corte raso[20], sendo realizado na escala de 1:75.000, o que permite medida mais precisa que aquela da TCN, feita em escala 1:125.000. O PRODES considera as áreas definidas como "floresta" da Amazônia Legal, não monitorando as áreas ditas "não florestas[21]". Já as Comunicações Nacionais consideram todo o território nacional a partir de seus seis biomas e, além disso, são monitoradas todas as áreas

20 "O processo de desmatamento por corte raso é aquele que resulta na remoção completa da cobertura florestal em um curto intervalo de tempo. Nesse processo, a cobertura florestal é totalmente removida e substituída por outras coberturas e usos (agrícola, pastagem, urbano, hidroelétricas, etc)" (INPE, 2013).

21 Na metodologia do PRODES, áreas de "não floresta" referem-se a áreas identificadas nas imagens como constituída de vegetação diversa de fisionomia florestal.

florestais e não florestais (campos), sendo que esta definição é decorrente do mapa de vegetação pretérita produzido para a Segunda Comunicação Nacional. A área de formações consideradas florestais na Segunda e Terceira Comunicações são superiores às áreas florestais do PRODES para o Bioma Amazônia (Tabela I). Para minimizar as diferenças entre os resultados dos referidos projetos, foram utilizadas no presente mapeamento as mesmas cenas utilizadas no PRODES, no entanto, algumas imagens com grande cobertura por nuvens foram substituídas (91 cenas para 2005 e 54 cenas para 2010, de um total de 198). Para fins de comparação dos resultados, foi realizada a subtração das áreas desflorestadas acumuladas de ambos os projetos nos anos de interesse. Considerou-se como desflorestamento para o presente inventário a soma das áreas de *Ac, Ap, FSec, GSec, Res, Ref, O e S*, contra a soma da área de desflorestamento e resíduo[22] do PRODES (Figura I). É possível notar que as diferenças entre as áreas desflorestadas nos dois projetos têm, em sua maioria, valores próximos a zero quilômetros quadrados (entre -50 e 50 km² estão 86%, 91%, 91% e 90% das ocorrências nas comparações para 1994, 2002, 2005 e 2010, respectivamente, como mostram os histogramas e valores medianos em detalhes na Figura I). Além disso, algumas das regiões onde há desflorestamento maior no presente inventário (células vermelhas) correspondem às regiões de não floresta do PRODES (Figura I, Tabelas I a IV). O total de correspondência entre as áreas desflorestadas no presente mapeamento e áreas de não floresta do PRODES foi de 0,2% em 1994; 0,1% em 2002; 4,4% em 2005 e 4,5% em 2010. Sobre o aumento da área não observada devido à cobertura de nuvens no presente mapeamento, é possível observar que esse aumento também aconteceu no PRODES (Figura III). Destaca-se que a comparação do mapa de 1994 só foi possível considerando dados do PRODES de 1997, pois o primeiro período do PRODES digital é 1997-2000. Dessa forma, ficam ressaltadas as principais diferenças metodológicas que inviabilizam a comparação direta dos números e resultados desses projetos.

TABELA I

Comparação das áreas florestais e não florestais na Comunicação Nacional e PRODES

COBERTURA	COMUNICAÇÃO NACIONAL	PRODES REDUZIDO AO LIMITE DO BIOMA AMAZÔNIA UTILIZADO NA COMUNICAÇÃO NACIONAL[2]	PRODES (AMAZÔNIA LEGAL)[3]
	ÁREA (KM²)[1]		
Floresta	3.964.940	3.800.956	3.894.571
Campo/Não Floresta	112.747	290.924	957.606
Hidrografia	131.092	116.899	163.957
Total	**4.208.779**	**4.208.779**	**5.016.134**

1. Os valores podem variar em relação a outros números oficiais devido aos parâmetros geográficos utilizados para cálculo.
2.A área de floresta foi estimada pela diferença entre a área total do Bioma Amazônia e a área de não floresta e hidrografia do PRODES dentro desse limite.
3. A área de floresta foi estimada pela diferença entre a área total da Amazônia Legal e a área de não floresta e hidrografia do PRODES.

22 "Áreas desflorestadas que tiveram sua detecção no PRODES em um ano diferente da sua ocorrência" (ALMEIDA et al., 2009).

FIGURA I

Diferenças entre a área desflorestada acumulada do mapeamento da Terceira Comunicação Nacional (TCN) e no PRODES para os anos de interesse. A análise foi elaborada considerando grade celular de 0,25 x 0,25 graus (média de 704km²/célula). O intervalo de valores centralizados em zero é apresentado em cinza nos mapas. Notar que a primeira comparação compreende os anos de 1994 (TCN) e 1997 (PRODES) devido à disponibilidade de dados do PRODES em formato digital. Tons de verde indicam valores de desflorestamento da TCN inferiores aos do PRODES (valores negativos), tons de laranja a vermelho indicam valores de desflorestamento superiores da TCN em relação aos do PRODES (valores positivos)

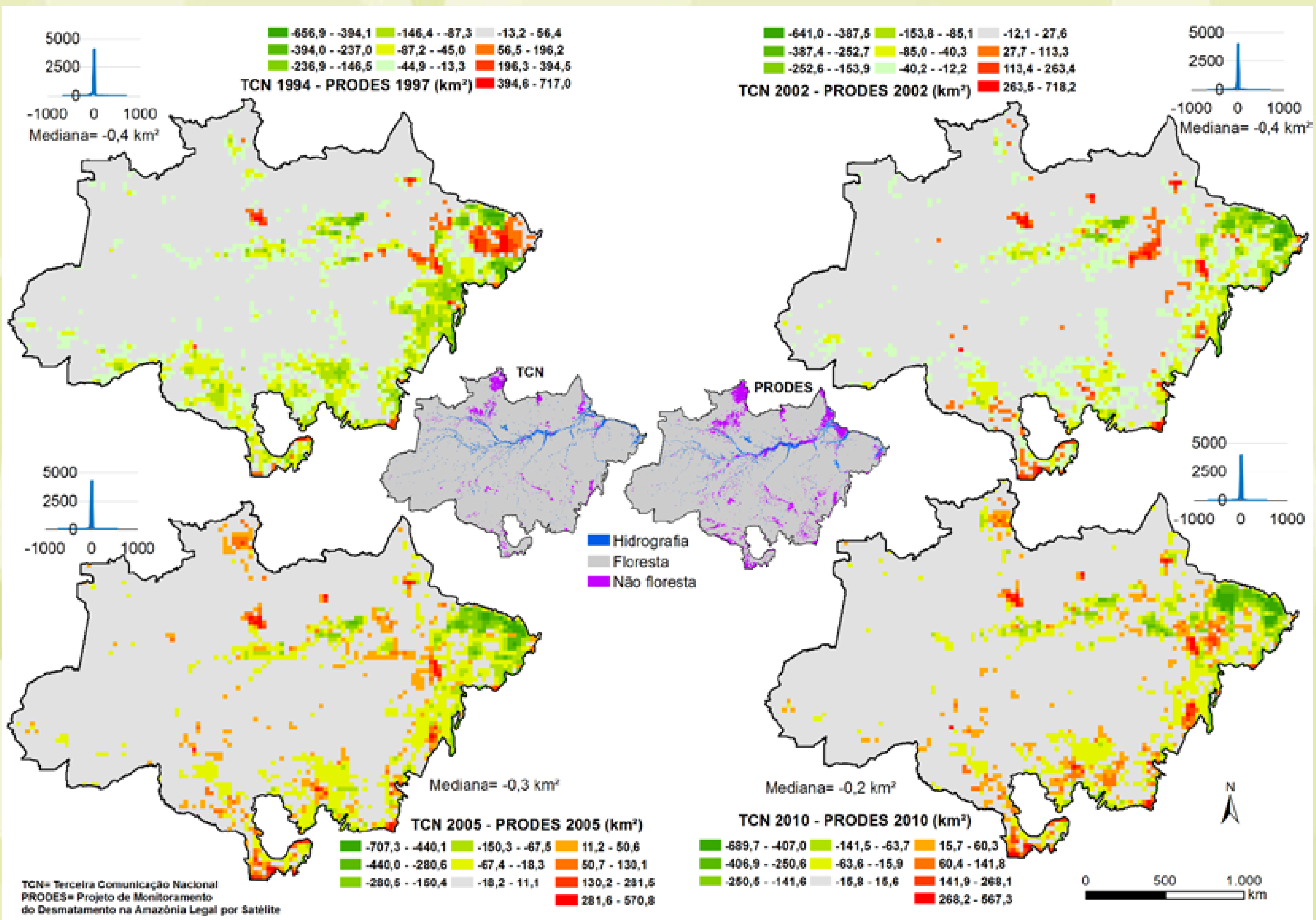


TABELA II

Área de correspondência entre o mapa da Terceira Comunicação (1994) e o PRODES (1997) para o Bioma Amazônia

TCN (1994)		CORRESPONDÊNCIA NO PRODES 1997						CORRESPONDÊNCIA TOTAL TCN NO PRODES
CLASSE	ÁREA (ha)	DESFLORESTAMENTO (ha)	%	HIDROGRAFIA (ha)	%	Não Floresta (ha)	%	%
FNM	271.381.689,0	11.895.283,3	4	28.785,8	0	777.644,8	0	5
FM	93.479.430,7	563.229,1	1	2.933,7	0	53.896,0	0	1
FSec	1.369.898,6	1.095.476,5	80	1,5	0	0,0	0	80
Ref	296.464,8	118.420,3	40	0,0	0	1.453,1	0	40
CS	0,0	-	-	-	-	-	-	-
GNM	8.215.886,9	147.141,4	2	0,0	0	177,6	0	2
GM	2.703.248,7	5.462,4	0	0,0	0	18.769,2	1	1
GSec	17.226,4	11.083,7	64	0,0	0	0,0	0	64
Ap	28.353.961,2	23.181.811,9	82	617,4	0	48.839,3	0	82
Ac	628.971,5	436.744,8	69	0,0	0	0,0	0	69
S	189.812,3	137.389,2	72	12,9	0	981,7	1	73
A	12.746.052,5	202.469,6	2	324.727,6	3	16.159,9	0	4
Res	597.552,7	3.472,0	1	104,2	0	149,5	0	1
O	56.585,6	42.319,9	75	66,0	0	48,6	0	75
NO	841.117,3	368.892,1	44	58,8	0	974,5	0	44

TABELA III

Área de correspondência entre o mapa da Terceira Comunicação (2002) e o PRODES (2002) para o Bioma Amazônia

TCN (2002)		CORRESPONDÊNCIA NO PRODES ACUMULADO 1997-2002						CORRESPONDÊNCIA TOTAL TCN NO PRODES
CLASSE	ÁREA (ha)	DESFLORESTAMENTO (ha)	%	Hidrografia (ha)	%	Não Floresta (ha)	%	%
FNM	216.641.049,9	9.069.072,0	4	28.227,1	0	757.009,9	0	5
FM	132.228.135,4	1.713.066,2	1	2.751,6	0	55.812,7	0	1
FSec	3.262.749,7	2.464.150,2	76	113,0	0	2.174,5	0	76
Ref	356.342,8	162.507,9	46	0,0	0	1.453,0	0	46

continua na próxima página

TCN (2002)		CORRESPONDÊNCIA NO PRODES ACUMULADO 1997-2002						CORRESPONDÊNCIA TOTAL TCN NO PRODES
CLASSE	ÁREA (ha)	DESFLORESTAMENTO (ha)	%	Hidrografia (ha)	%	Não Floresta (ha)	%	%
CS	259.610,6	32.663,4	13	0,0	0	0,0	0	13
GNM	6.457.514,3	111.130,5	2	0,0	0	177,6	0	2
GM	4.176.741,0	11.806,9	0	0,0	0	18.672,5	0	1
GSec	33.784,0	10.154,5	30	0,0	0	0,0	0	30
Ap	42.670.445,4	38.074.897,5	89	1.199,3	0	65.967,4	0	89
Ac	1.074.882,7	832.669,3	77	0,0	0	0,0	0	77
S	282.686,3	241.842,4	86	33,6	0	1.464,9	1	86
A	12.723.954,3	269.336,4	2	324.780,4	3	16.159,9	0	5
Res	629.406,6	7.793,2	1	104,2	0	152,3	0	1
O	62.112,4	48.449,3	78	98,9	0	49,4	0	78
NO	18.483,0	1.850,1	10	0,0	0	0,0	0	10

TABELA IV

Área de correspondência entre o mapa da Terceira Comunicação (2005) e o PRODES (2005) para o Bioma Amazônia

TCN (2005)		CORRESPONDÊNCIA NO PRODES ACUMULADO 1997-2005						CORRESPONDÊNCIA TOTAL TCN NO PRODES
CLASSE	ÁREA (HA)	DESFLORESTAMENTO (ha)	%	HIDROGRAFIA (ha)	%	NÃO FLORESTA (ha)	%	%
FNM	176.275.517,8	7.723.642,1	4	697.138,0	0	8.259.718,1	5	9
FM	144.755.378,3	1.603.573,5	1	321.845,8	0	6.813.495,8	5	6
FSec	6.125.466,7	4.479.980,4	73	34.790,0	1	302.420,3	5	79
Ref	263.115,6	136.120,4	52	26,4	0	119.059,9	45	97
CS	1.218.740,8	58.086,8	5	27,8	0	797,5	0	5
GNM	5.679.039,9	94.980,3	2	15.796,9	0	4.712.704,7	83	85
GM	4.195.440,4	14.790,9	0	8.248,2	0	3.662.592,6	87	88
GSec	140.991,1	26.979,8	19	3.236,4	2	102.148,4	72	94
Ap	46.234.663,7	41.694.475,8	90	58.605,2	0	1.561.102,0	3	94

continua na próxima página

TCN (2005)		CORRESPONDÊNCIA NO PRODES ACUMULADO 1997-2005						CORRESPONDÊNCIA TOTAL TCN NO PRODES
CLASSE	ÁREA (HA)	DESFLORESTAMENTO (ha)	%	HIDROGRAFIA (ha)	%	NÃO FLORESTA (ha)	%	%
Ac	3.070.124,2	2.585.880,6	84	209,2	0	383.073,8	12	97
S	358.318,7	310.703,8	87	2.055,3	1	33.231,4	9	97
A	12.570.987,8	250.312,3	2	9.404.230,6	75	1.176.001,1	9	86
Res	663.792,0	17.093,2	3	610.285,8	92	2.140,8	0	95
O	77.824,6	59.447,6	76	2.879,3	4	4.666,4	6	86
NO	19.248.496,6	1.537.551,3	8	206.754,4	1	1.619.444,4	8	17

TABELA V

Área de correspondência entre o mapa da Terceira Comunicação Nacional (2010) e o PRODES (2010) para o Bioma Amazônia

TCN (2010)		CORRESPONDÊNCIA NO PRODES ACUMULADO 1997-2010						CORRESPONDÊNCIA TOTAL TCN NO PRODES
CLASSE	ÁREA (ha)	DESFLORESTAMENTO (ha)	%	HIDROGRAFIA (ha)	%	NÃO FLORESTA (ha)	%	%
FNM	130.459.613,9	5.999.160,3	5	599.910,2	0	6.928.118,1	5	10
FM	179.507.012,8	1.444.800,3	1	364.327,6	0	7.645.892,0	4	5
FSec	8.161.610,1	5.322.220,6	65	42.805,4	1	410.931,3	5	71
Ref	349.650,5	222.269,8	64	12,7	0	117.639,7	34	97
CS	1.178.669,6	20.028,0	2	7,5	0	1.255,4	0	2
GNM	4.396.023,6	79.292,3	2	14.245,1	0	3.632.787,7	83	85
GM	4.804.004,5	15.829,0	0	7.776,9	0	4.149.008,7	86	87
GSec	190.546,9	30.303,7	16	3.306,2	2	147.417,9	77	95
Ap	49.941.425,1	45.254.571,2	91	57.353,2	0	1.727.276,8	3	94
Ac	3.424.779,0	2.959.181,6	86	90,4	0	371.009,0	11	97
S	392.539,3	343.550,8	88	2.805,1	1	34.558,8	9	97
A	12.182.193,2	247.132,3	2	9.258.761,8	76	1.342.433,7	11	89
Res	639.247,1	22.236,6	3	582.398,4	91	1.193,2	0	95
O	90.201,5	68.656,4	76	2.896,0	3	6.365,3	7	86
NO	25.160.381,4	3.116.038,1	12	768.567,5	3	2.590.409,5	10	26

FIGURA II

Área coberta por nuvens no presente mapeamento (Bioma Amazônia) e no PRODES (Amazônia Legal) nos anos de interesse em imagens TM/LANDSAT-5. A área não observada do PRODES foi obtida pela soma das áreas cobertas por nuvens e não observadas, disponíveis em http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php

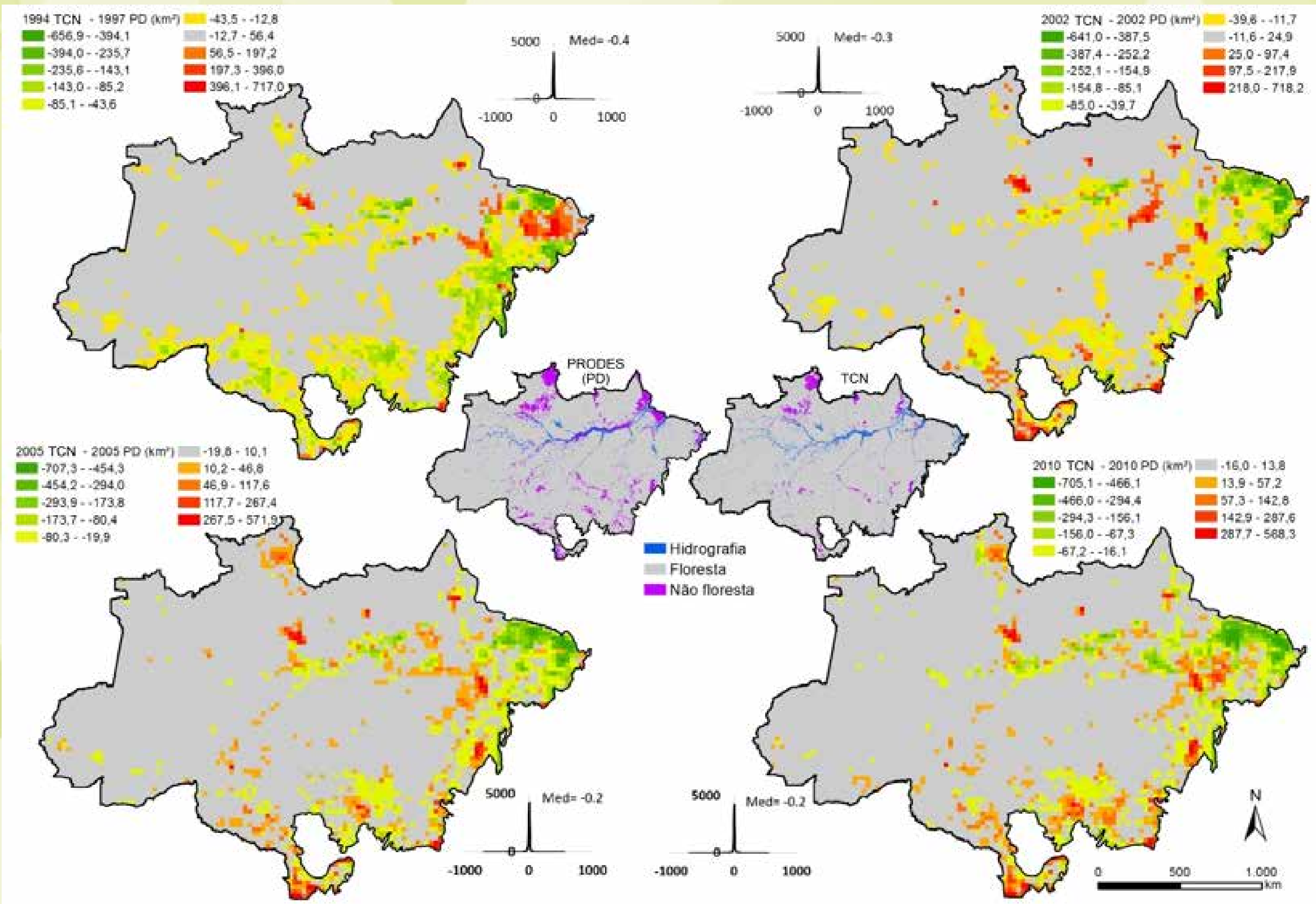
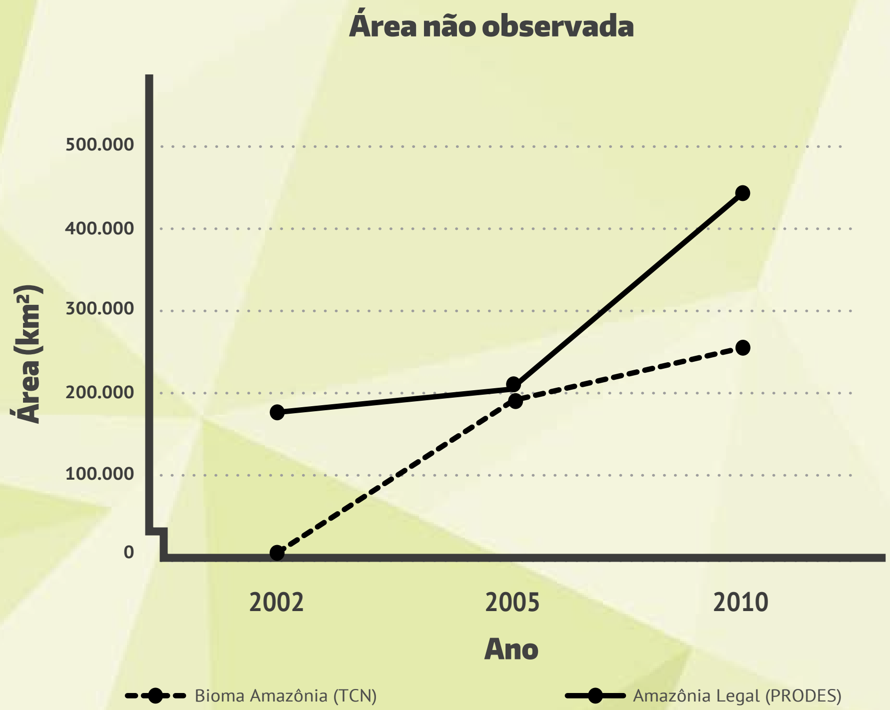


FIGURA III

Área não observada na TCN e no PRODES devido à cobertura de nuvens



Bioma Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e compreende uma ampla faixa latitudinal, que se estende desde o litoral maranhense até o sul do Brasil. Sendo assim, optou-se por regionalizar, quando possível, os valores de estoque de carbono de uma mesma fitofisionomia por estados brasileiros ou quando os valores variassem muito entre diferentes regiões do bioma. Foram ainda considerados fatores ambientais, como pluviosidade e sazonalidade, para a atribuição de valores às fitofisionomias, uma vez que essas características abióticas influenciam as características da vegetação.

As seis fitofisionomias que tiveram valores regionalizados por estados foram: Savana Florestada (Sd), Florestas Estacionais Deciduais Montana (Cm) e Submontana (Cs), Florestas Estacionais Semideciduais Aluvial (Fa), das Terras Baixas (Fb) e Submontana (Fs).

Para a Savana Florestada (Sd ou Cerradão), os valores de biomassa acima do solo foram regionalizados nos seguintes grupos de estados:

1 São Paulo, segundo Pinheiro (2008), em um Cerradão em Assis (SP);
2 Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal e Bahia, segundo o Inventário Florestal de Minas Gerais (SCOLFORO et al., 2008a);
3 Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, com o mesmo valor de Sd no Pantanal;
4 Tocantins, Maranhão e Piauí, segundo o Inventário Florestal do Estado do Tocantins (HAIDAR et al., 2013), utilizando a equação alométrica de Brown (1997).

A biomassa abaixo do solo de cada grupo de Sd foi estimada a partir de razões para florestas no Cerrado (MIRANDA et al., 2014), a madeira morta segundo razão *default* do IPCC (2003) e a serapilheira com razão calculada para Cerradão (MORAIS et al., 2013).

A Savana Arborizada (Sa) engloba os cerrados *sensu stricto*, denso e ralo. Para essa fitofisionomia, optou-se pelo trabalho com maior abrangência geográfica no Cerrado e número de reservatórios: biomassa acima do solo, madeira morta e serapilheira (OTTMAR et al., 2001). Para a estimativa de biomassa abaixo do solo, foi aplicada a razão para vegetação arbustivo-arbórea do Cerrado (MIRANDA et al., 2014).

Para a Savana Parque (Sp), que engloba as fitofisionomias de campo sujo e campo de murundu, uma média de dois valores de estoque de carbono total foi calculada para representar a variação de biomassa nessa fitofisionomia como um todo. Para representar o campo sujo com estrato herbáceo proeminente, foi escolhido Ottmar et al. (2001) pela maior abrangência geográfica e número de reservatórios considerados: biomassa acima do solo e matéria orgânica morta. Para esse valor, com menor biomassa, foi utilizado para a estimativa de biomassa abaixo do solo a razão para vegetação campestre no Cerrado (MIRANDA et al., 2014). A outra referência utilizada representou as áreas de maior biomassa em Sp, sendo utilizado o mesmo valor adotado em Sp no bioma Pantanal.

Para a Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg), foi escolhido o trabalho realizado em campo limpo no bioma Cerrado, com maior abrangência geográfica e número de reservatórios (biomassa acima do solo e matéria orgânica morta) (OTTMAR et al., 2001). A biomassa abaixo do solo de Sg foi estimada a partir da razão para vegetações campestres no Cerrado (MIRANDA et al., 2014). Para o Refúgio Montano (Rm), foram adotados os mesmos valores de Sg, devido à ausência de trabalhos avaliando a biomassa acima do solo nessa fitofisionomia propriamente dita.

Pela ausência de valores para Estepe Arborizada (Ea) no bioma Cerrado, foram utilizados valores de biomassa acima do solo no cerrado *sensu stricto* e campo cerrado (SCOLFORO et al., 2008a) em Minas Gerais, onde essa fitofisionomia ocorre. Para a estimativa de biomassa abaixo do solo, foi utilizada a razão em vegetação savânica no Cerrado (MIRANDA et al., 2014), enquanto para madeira morta e serapilheira as razões de Ottmar et al. (2001).

Como o Cerrado faz divisa com outros quatro biomas brasileiros (Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga e Pantanal), na ausência de valores para as fitofisionomias florestais dobioma, foram utilizados valores dessas fitofisionomias em biomas próximos. Para a Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas (Cb), foi utilizado o mesmo valor do Pantanal.

Para as Florestas Ombrófilas Abertas Aluvial (Aa) e das Terras Baixas (Ab), assim como para a Floresta Ombrófila Densa Aluvial (Da), foram usados os mesmos valores aplicados para essas fitofisionomias no bioma Amazônia.

Para as Florestas Ombrófila Densa Montana (Dm) e Estacional Semidecidual Montana (Fm), assim como para as Formações Pioneiras com Influência Marinha (Pm ou Restinga), foram utilizados os mesmos valores dessas fitofisionomias para o bioma Mata Atlântica. As Florestas Ombrófilas Mistas têm distribuição restrita ao sudeste (São Paulo) e sul (Paraná) do Brasil. Nesse caso, foi utilizado o mesmo valor para as Florestas Ombrófilas Mistas Alto-Montana (Ml) e Montana (Mm) na Mata Atlântica.

A Floresta Estacional Decidual Montana (Cm) foi regionalizada em: 1) Minas Gerais, Bahia e Goiás com o mesmo valor escolhido para essa fitofisionomia no bioma Caatinga; e 2) São Paulo, mesmo valor adotado para Cm no bioma Pantanal.

A Floresta Estacional Decidual Submontana (Cs) foi regionalizada em: 1) Minas Gerais, Bahia, Goiás, Distrito Federal, Tocantins, Piauí e Maranhão com o mesmo valor de Cs na Caatinga; e 2) Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e São Paulo, com valor de Cs para o bioma Pantanal.

A Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas (Fb) foi regionalizada da seguinte forma: 1) Mato Grosso, o mesmo valor de Fb na Amazônia; e 2) Goiás e Minas Gerais, o mesmo valor dessa fitofisionomia no bioma Mata Atlântica.

Para as Florestas Ombrófilas Aberta Submontana (As) e Densa Submontana (Ds), optou-se pelos valores de biomassa acima do solo obtidos a partir dos dados do Inventário Florestal do Estado do Tocantins (HAIDAR et al., 2013) com aplicação da equação alométrica descrita por Brown (1997). Por sua vez, a biomassa de sub-bosque, lianas, palmeiras, biomassa abaixo do solo, serapilheira e madeira morta foram estimadas utilizando razões de Nogueira et al. (2008), de florestas não densas para As e densas para Ds.

A Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (Fa) foi regionalizada da seguinte maneira:

1. Tocantins e Pará: valor médio de biomassa acima do solo de matas ciliares e de galeria do Inventário Florestal do Estado do Tocantins (HAIDAR et al., 2013), a partir da aplicação da equação de Brown (1997);
2. Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal e Bahia: o mesmo valor de Fa para o bioma Mata Atlântica;
3. São Paulo e Paraná: o valor de biomassa área em mata mesófila semidecídua ciliar no estado de São Paulo (MOREIRA-BURGER & DELITTI, 1999);
4. Mato Grosso e Mato Grosso do Sul: o mesmo valor usado para Fa no bioma Pantanal.

Para a estimativa da biomassa abaixo do solo e madeira morta de Fa foram usadas as razões *default* do IPCC (2003; 2006). Para a serapilheira, foi utilizada a razão calculada a partir do trabalho de Moreira-Burger & Delitti (1999) para os agrupamentos dos estados: 1, 2 e 4. Para o grupo dos estados de São Paulo e Paraná (grupo 3), a serapilheira foi avaliada pelos próprios autores (MOREIRA-BURGUER & DELITTI, 1999).

A Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Fs) foi regionalizada pelos estados:

1. Piauí, Maranhão e Bahia: valor obtido usando a variável de diâmetro à altura do peito das árvores da comunidade (DAP≥10cm), aplicando uma equação alométrica de Brown (1997), em Piauí e Maranhão (HAIDAR, 2008; FRANÇOSO et al., 2013);
2. Minas Gerais, Tocantins, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Rondônia: valor obtido no Inventário Florestal de Minas Gerais (SCOLFORO et al., 2008c).

A biomassa abaixo do solo de Fs foi calculada com a razão *default* do IPCC (2006). Para madeira morta, a razão usada esteve de acordo com o IPCC (2003) e para serapilheira, a razão calculada a partir de um trabalho feito em Fm (AMARO et al., 2013).

As Vegetações com Influência Fluvial e/ou Lacustre (Pa) tiveram o valor de biomassa acima do solo atribuído a partir de dois trabalhos realizados em veredas no Cerrado. Em uma delas os autores calcularam a biomassa acima do solo para a vegetação herbácea em uma vereda em Tocantins (FIDELIS et al., 2013). No outro trabalho, os autores apresentaram parâmetros como média de densidade de indivíduos por hectare e área basal para a vegetação arbustivo-arbórea de uma vereda em Minas Gerais (BAHIA et al., 2009) e, a partir desses parâmetros, a biomassa acima do solo lenhosa foi calculada com o uso de uma equação alométrica (BROWN, 1997). A biomassa abaixo do solo do componente herbáceo foi reportada pelos autores do trabalho feito em TO. Para a biomassa abaixo do solo do componente arbustivo-arbóreo, foi utilizada a razão calculada por Miranda et al. (2014) para fitofisionomias florestais no Cerrado. Para a madeira morta, foi utilizada a razão *default* do IPCC (2003) em relação à biomassa acima do solo arbustivo-arbórea. Para a serapilheira do componente herbáceo, foi utilizada uma razão calculada para Campo Limpo a partir de Ottmar et al. (2001) e a do componente arbustivo-arbóreo uma razão calculada a partir de Moreira-Burger & Delitti (1999).

Para as Formações Pioneiras com Influência Fluviomarinha (Pf ou mangue), localizadas no bioma Cerrado no litoral maranhense, foi utilizado o mesmo valor de Pf no bioma Amazônia, que partiu de um trabalho de revisão e modelagem sobre mangues no mundo, com um valor médio para o Brasil (HUTCHISON et al., 2013).

Para as Savanas Estépicas Florestada (Td) e Arborizada (Ta), foram utilizados os mesmos valores dessas fitofisionomias no bioma Caatinga. Para as Savanas Estépicas Parque (Tp) e Gramíneo-Lenhosa (Tg), foram adotados os mesmos valores utilizados para essas fitofisionomias no bioma Amazônia, também devido à ausência de trabalhos feitos no bioma Cerrado.

Na Tabela A1.13, apresentam-se os valores de estoque de carbono total utilizados para as fitofisionomias do bioma Cerrado, referências de onde os valores, fatores de expansão e razões foram retirados, critérios para a escolha e outros trabalhos cujos valores foram cogitados.

TABELA A1.13

Estoque de carbono total por unidade de área (t C/ha) das fitofisionomias, quando possível regionalizadas por estados, no bioma Cerrado; bioma de origem da estimativa de biomassa acima do solo; fontes utilizadas para gerar o estoque de carbono total; critérios utilizados na escolha das fontes; e outras fontes consultadas

SIGLA	REGIONALIZAÇÃO	ESTOQUE TOTAL (tC/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Aa	valor único	183,3	Amazônia	Idem Amazônia	Na fitofisionomia; próxima à Amazônia	NA
Ab	Valor único	164,08	Amazônia	Idem Amazônia	Na fitofisionomia; próxima à Amazônia	NA
As	valor único	88,17	Cerrado	Haidar et al. (2013) (biomassa acima do solo); Brown (1997) (equação alométrica); Nogueira et al. (2008) (biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira)	Fitofisionomia semelhante; esforço amostral	NA
Cb	valor único	105,11	Pantanal	Idem Pantanal	Na fitofisionomia; próxima ao Pantanal	Scariot & Sevilha (2005); Scolforo et al. (2008b); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)
Cm	MG / BA / GO	62,7	Caatinga	Idem Caatinga	Fitofisionomia semelhante; próxima à Caatinga	Scariot & Sevilha (2005); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)
	SP	127,83	Pantanal	Idem Cs no Pantanal	Fitofisionomia semelhante	
Cs	MG / BA / GO / TO / PI / DF / MA	62,7	Caatinga	Idem Caatinga	Fitofisionomia semelhante; próxima à Caatinga	Scariot & Sevilha (2005); Scolforo et al. (2008b); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)
	MS / SP / MT	127,83	Pantanal	Idem Pantanal	Na fitofisionomia; próxima ao Pantanal	

continua na próxima página

SIGLA	REGIONALIZAÇÃO	ESTOQUE TOTAL (tC/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Da	valor único	225,09	Amazônia	Idem Amazônia	Na fitofisionomia; próxima à Amazônia	NA
Dm	valor único	177,75	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Na fitofisionomia; próxima ao Cerrado	NA
Ds	Valor único	118,48	Cerrado	Haidar et al. (2013) (biomassa acima do solo); Brown (1997) (equação alométrica); Nogueira et al. (2008) (biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira)	Fitofisionomia semelhante	RADAMBRASIL; TIEPOLO ET AL. (2002); BRITEZ ET AL. (2006); BORGO (2010); LINDNER E SATTLER (2011)
Ea	valor único	27,85	Cerrado	Scolforo et al. (2008a) (biomassa acima do solo; Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo); Ottmar et al. (2001) (madeira morta, serapilheira)	Fitofisionomia semelhante; no bioma; esforço amostral	NA
Fa	TO / PA	98,27	Cerrado	Haidar et al. (2013) (biomassa acima do solo); Brown (1997) (equação alométrica); IPCC, 2006 (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Moreira-Burger &Delitti (1999) (serapilheira)	Fitofisionomia semelhante; no bioma	Paula et al. (1990, 1993); Imanã-Encinas et al. (1995)
	MG / GO / DF / BA	75,89	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Fitofisionomia semelhante; maior esforço amostral	
	SP / PR	86,08	Mata Atlântica	Moreira-Burger & Delitti (1999) (biomassa acima do solo, serapilheira); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta)	Fitofisionomia semelhante	
	MT / MS	167,52	Pantanal	Idem Pantanal	Fitofisionomia semelhante; próxima ao Pantanal	

continua na próxima página

SIGLA	REGIONALIZAÇÃO	ESTOQUE TOTAL (tC/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Fb	MT	145,37	Amazônia	Idem Amazônia	Mesma fitofisionomia; próxima à Amazônia	NA
	GO / MG	87,55	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Fitofisionomia semelhante; próxima à Mata Atlântica; esforço amostral	Britez et al. (2006)
Fm	valor único	106,88	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Na fitofisionomia; próxima à Mata Atlântica; número de reservatórios	Britez et al. (2006); Boina (2008); Scolforo et al. (2008c); Ribeiro et al. (2009); Haidar (2008); Françoso et al. (2013)
Fs	PI / MA / BA	54,98	Cerrado	Haidar (2008); Françoso et al. (2013) (biomassa acima do solo); Brown (1997) (equação alométrica); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Amaro et al. (2013) (serapilheira)	Fitofisionomia semelhante	Metzker et al. (2011)
	MG / TO / GO / SP / MT / MS / RO / PR	87,55	Mata Atlântica	Scolforo et al. (2008c) (biomassa acima do solo); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Amaro et al. (2003) (serapilheira)	Fitofisionomia semelhante; maior esforço amostral	Metzker et al. (2011)
Ml	valor único	142,66	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Fitofisionomia semelhante; número de reservatórios	Britez et al. (2006)
Mm	valor único	142,66	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Na fitofisionomia; número de reservatórios	Britez et al. (2006)

continua na próxima página

SIGLA	REGIONALIZAÇÃO	ESTOQUE TOTAL (tC/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Pa	valor único	36,24	Cerrado	Bahia et al. (2009) (biomassa acima do solo arbustivo-arbórea); Brown (1997) (equação alométrica); Fidelis et al. (2013) (biomassa herbácea e abaixo do solo); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Ottmar et al. (2001) e Moreira-Burger & Delitti (1999) (serapilheira)	Na fitofisionomia no bioma	NA
Pf	valor único	117,2	Brasil	Hutchison et al. (2013) (biomassa acima e abaixo do solo); Fernandes (1997) (madeira morta); Ramos & Silva et al. (2007) (serapilheira)	Revisão e modelagem sobre mangues, valor para o Brasil	Fromard et al. (1998); Silva et al. (1998); Cogliatti-Carvalho & Mattos-Fonseca (2004); Medeiros e Sampaio (2008); Santos (2013); Estrada et al. (2014)
Pm	valor único	130,7	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Na fitofisionomia	NA
Rm	valor único	18,49	Cerrado	Idem Sg no Cerrado	Fitofisionomia semelhante no bioma; número de reservatórios	NA
Sa	valor único	39,92	Cerrado	Ottmar et al. (2001) (biomassa acima do solo, madeira morta, serapilheira); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo)	Na fitofisionomia no bioma; abrangência geográfica; número de reservatórios	Kauffman et al. (1994); Castro & Kauffman (1998); Abdala et al. (1998); Durigan (2004); Barbosa & Fearnside (2005); Rezende et al. (2006); Felfili (2008); Pinheiro (2008); Scolforo et al. (2008a); Ribeiro et al. (2011); Haidar et al. (2013); Miranda (2012)

continua na próxima página

SIGLA	REGIONALIZAÇÃO	ESTOQUE TOTAL (tC/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Sd	SP	68,99	Cerrado	Pinheiro (2008) (biomassa acima do solo); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Morais et al. (2013) (serapilheira)	Na fitofisionomia em SP; no bioma	Durigan (2004); Fernandes et al. (2008)
	MG / GO / DF / BA	52,42	Cerrado	Scolforo et al. (2008a) (biomassa acima do solo); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Morais et al. (2013) (serapilheira)	Na fitofisionomia em MG; no bioma	
	MT / MS / RO	103,45	Pantanal	Idem Pantanal	Na fitofisionomia em MS; no bioma	
	TO / MA / PI	49,76	Cerrado	Haidar et al. (2013) (biomassa acima do solo); Brown (1997) (equação alométrica); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Morais et al. (2013) (serapilheira)	Na fitofisionomia em TO; no bioma	
Sg	valor único	18,49	Cerrado	Ottmar et al. (2001) (biomassa acima do solo, serapilheira); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo)	Mesma fitofisionomia; mesmo bioma; abrangência geográfica; número de reservatórios amostrados	Kauffman et al. (1994); Castro & Kauffman (1998); Barbosa & Fearnside (2005)
Sp	valor único	24,65	Cerrado	Ottmar et al. (2001) (biomassa acima do solo, madeira morta, serapilheira); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo); Idem Pantanal	Na fitofisionomia no bioma; abrangência geográfica; número de reservatórios; variação de biomassa em Sp	Kauffman et al. (1994); Castro & Kauffman (1998); Barbosa & Fearnside (2005)
Ta	Valor único	15,23	Caatinga	Idem Caatinga	Na fitofisionomia; esforço amostral	NA
Td	Valor único	30,54	Caatinga	Idem Caatinga	Na fitofisionomia; esforço amostral	NA
Tg	Valor único	5,27	Amazônia	Idem Amazônia	Na fitofisionomia	NA
Tp	Valor único	11,45	Amazônia	Idem Amazônia	Na fitofisionomia	NA

Bioma Caatinga

A Caatinga ocupa o nordeste do Brasil, além da parte norte de Minas Gerais. É uma região submetida a um clima semiárido, de elevada intensidade luminosa, temperaturas anuais altas, irregularidade no período de chuvas e altitudes relativamente baixas (que não ultrapassam os 2.000 m). A ação desses fatores resulta em uma vegetação com adaptações à deficiência hídrica, geralmente possuindo porte baixo, dossel descontínuo, folhas pequenas e indivíduos ramificados, com presença de espinhos ou acúleos.

A maior parte do bioma Caatinga (86%) é coberta por fitofisionomias de savana estépica, típicas da região do sertão nordestino. Para as Savanas Estépicas Arborizada (Ta) e Florestada (Td), foram utilizados dados disponibilizados da tese de Eliza R. G. M. de Albuquerque da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Neste estudo, a partir de 79 parcelas distribuídas na Zona da Mata, Agreste e Sertão do estado de Pernambuco, a autora estimaou a biomassa acima (arbórea, arbustiva e herbácea) e abaixo do solo (raízes finas e grossas) e matéria orgânica morta (madeira morta e serapilheira) (ALBUQUERQUE, 2015). A preferência pela utilização desses dados para a estimativa da biomassa das duas fitofisionomias mais representativas do bioma deu-se devido ao grande número de amostras, à maior inclusão de reservatórios e à sua distribuição, que se baseou no Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE) (SILVA et al., 2001).

Para as Savanas Estépicas Parque (Tp) e Gramíneo-Lenhosa (Tg), optou-se pelos valores de biomassa acima do solo e matéria orgânica morta do trabalho desenvolvido nessas fitofisionomias no bioma Amazônia (BARBOSA & FEARNSIDE, 2005). Para a estimativa da biomassa abaixo do solo, foi utilizada a razão para campos semiáridos do IPCC (2006).

Para a Savana Florestada (Sd), foi utilizado o mesmo valor dessa fitofisionomia para os estados de Tocantins, Maranhão e Piauí no bioma Cerrado. Para a Savana Arborizada (Sa), foi utilizado o mesmo valor de Sa no Cerrado, já que sua ocorrência se dá em sua maioria na zona de transição entre os dois biomas nos estados de Piauí, Bahia e Minas Gerais.

Para a Savana Parque (Sp), devido à sua ocorrência na região central da Bahia e ao norte de Minas Gerais, optou-se pelos valores de biomassa acima do solo e matéria orgânica morta em campo sujo no bioma Cerrado (OTTMAR et al., 2001), além da aplicação da razão de biomassa subterrânea para vegetações campestres no Cerrado (MIRANDA et al., 2014).

Na Savana Gramíneo Lenhosa (Sg) foi utilizado o mesmo valor dessa fitofisionomia no bioma Cerrado, uma vez que a mesma é representada por áreas distribuídas na região central da Bahia e ao norte de Minas Gerais, próximas à transição entre os biomas.

Para o Refúgio Montano (Rm), optou-se pelo valor médio de biomassa acima do solo em campo limpo, segundo Ottmar et al. (2001). A esse valor, foi acrescentada a biomassa abaixo do solo, único reservatório não considerado pelos autores, utilizando a razão para campos semiáridos proposta pelo IPCC (2006).

Para as Florestas Ombrófilas Abertas das Terras Baixas (Ab), Montana (Am) e Submontana (As), optou-se por um valor único calculado para as florestas ombrófilas abertas na Mata Atlântica, uma vez que essas fitofisionomias na Caatinga ocorrem próximas a esse bioma.

Para as Florestas Estacionais Deciduais das Terras Baixas (Cb), Montanas (Cm) e Submontanas (Cs), foi também utilizado um valor único, baseado em estudo realizado no bioma Caatinga. A biomassa acima do solo foi obtida a

partir de dados de Floresta Decidual de Terra Firme madura do Inventário Florestal de Minas Gerais (SCOLFORO et al., 2008b). Para a inclusão da biomassa abaixo do solo, foi utilizada a razão segundo IPCC (2006). Para a estimativa de madeira morta e serapilheira, foram utilizadas as razões propostas pelo IPCC (2003) e Morais et al. (2013), respectivamente.

Para a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (Fa), representada por pequenos fragmentos ao norte de Minas Gerais, optou-se pelo mesmo valor dessa fitofisionomia no bioma Mata Atlântica. Para a Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas (Fb), que ocorre ao Sul do Ceará, na divisa com Pernambuco, foi utilizado o mesmo valor de Fb, também na Mata Atlântica.

Para as Florestas Estacionais Semideciduais Montana (Fm) e Submontana (Fs), foi utilizado um único valor, adotado para Fs nos estados Piauí, Maranhão e Bahia no bioma Cerrado, uma vez que ocorrem em regiões próximas da divisa desse bioma no Piauí e no Maranhão, além de fragmentos na Bahia, Ceará, Pernambuco, Sergipe e Paraíba.

Com relação às fitofisionomias pioneiras, optou-se para aquelas com influência fluviomarinha (Pf ou mangue) por utilizar o mesmo valor proposto para Pf no bioma Amazônia, visto que esse valor partiu de um trabalho de revisão e modelagem com valor médio para o Brasil (HUTCHISON et al., 2013).

Para a Vegetação com Influência Fluvial e/ou Lacustre (Pa), por ocorrer em áreas próximas a grandes rios no nordeste (em planícies de inundação), principalmente do rio São Francisco, a biomassa acima do solo foi estimada a partir da aplicação da equação alométrica de Brown (1997) com as médias de área basal e densidade de indivíduos em planícies de inundação do rio Carinhanha, na divisa dos estados de Minas Gerais e Bahia, na confluência com o rio São Francisco (PEREIRA, 2013). As razões para biomassa abaixo do solo e madeira morta foram aquelas propostas pelo IPCC (2003, 2006), enquanto a serapilheira foi estimada a partir da razão calculada no trabalho de Moreira-Burger & Delitti (1999).

Para os pequenos fragmentos de Floresta Ombrófila Densa Submontana (Ds) ao leste da Bahia, foi utilizado o mesmo valor para essa fitofisionomia na Mata Atlântica.

Na Tabela A1.14, apresentam-se os valores de estoque de carbono total utilizados para as fitofisionomias do bioma Caatinga, referências de onde os valores, fatores de expansão e razões foram retirados, critérios para a escolha e outros trabalhos cujos valores foram cogitados.

TABELA A1.14

Estoque de carbono total por unidade de área (t C/ha) das fitofisionomias no bioma Caatinga; bioma de origem da estimativa de biomassa acima do solo, fontes utilizadas para gerar o estoque de carbono total; critérios utilizados na escolha das fontes; e outras fontes consultadas

SIGLA	ESTOQUE TOTAL (T C/HA)	BIOMA	FONTE	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Ab	47,03	Mata Atlântica, Cerrado, Amazônia	Idem Mata Atlântica	Em Floresta Ombrófila Aberta; divisa Mata Atlântica	NA
Am	47,03	Mata Atlântica, Cerrado, Amazônia	Idem Mata Atlântica	Em Floresta Ombrófila Aberta; divisa Mata Atlântica	NA
As	47,03	Mata Atlântica, Cerrado, Amazônia	Idem Mata Atlântica	Em Floresta Ombrófila Aberta; divisa Mata Atlântica	NA
Cb	62,7	Caatinga	Scolforo et al. (2008b) (biomassa acima do solo); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Morais et al. (2013) (serapilheira)	Fitofisionomia semelhante; no bioma	Scariot & Sevilha (2005); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)
Cm	62,7	Caatinga	Scolforo et al. (2008b) (biomassa acima do solo); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Morais et al. (2013) (serapilheira)	Fitofisionomia semelhante; no bioma	Scariot & Sevilha (2005); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)
Cs	62,7	Caatinga	Scolforo et al. (2008b) (biomassa acima do solo); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Morais et al. (2013) (serapilheira)	Fitofisionomia semelhante; no bioma	Scariot & Sevilha (2005); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)
Ds	151,42	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Na fitofisionomia; divisa Mata Atlântica	RADAMBRASIL; TIEPOLO ET AL. (2002); BRITEZ ET AL. (2006); BORGO (2010); LINDNER E SATTLER (2011); HAIDAR ET AL. (2013)
Fa	75,89	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Na fitofisionomia; proximidade geográfica	Paula et al. (1990, 1993); Imanã-Encinas et al. (1995); Moreira-Burger & Delitti (1999); Haidar et al. (2013)
Fb	87,55	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Fitofisionomia semelhante; proximidade geográfica	Britez et al. (2006); Moreira-Burger & Delitti (1999)
Fm	54,98	Cerrado	Idem Fs no Cerrado (PI/MA/BA)	Fitofisionomia semelhante; próxima ao Cerrado	Britez et al. (2006); Ribeiro et al. (2008); Amaro et al. (2013); Torres et al. (2013)
Fs	54,98	Cerrado	Idem Cerrado (PI/MA/BA)	Fitofisionomia semelhante; próxima ao Cerrado	Britez et al. (2006); Scolforo et al. (2008c); Metzker et al. (2011)

continua na próxima página

SIGLA	ESTOQUE TOTAL (T C/HA)	BIOMA	FONTE	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Pa	66,88	Mata Atlântica	Pereira (2013) (biomassa acima do solo); Brown (1997) (equação alométrica); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Moreira-Burger e Delitti (1999) (serapilheira)	Na fitofisionomia no bioma	Tiepolo et al. (2002); Britez et al. (2006)
Pf	117,2	Brasil	Hutchison et al. (2013) (biomassa acima e abaixo do solo); Fernandes (1997) (madeira morta); Ramos e Silva et al. (2007) (serapilheira)	Revisão e modelagem sobre mangues, valor para o Brasil	Fromard et al. (1998); Silva et al. (1998); Cogliatti-Carvalho & Mattos-Fonseca (2004); Medeiros & Sampaio (2008); Santos (2013); Estrada et al. (2014)
Pm	123,67	Mata Atlântica	Assis et al. (2011) (biomassa acima do solo e serapilheira depositada); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); Veiga (2010) (madeira morta e serapilheira); Pires et al. (2006) (constante de decomposição); Kristensen et al. (2008) (equação de regressão para decomposição)	Na fitofisionomia	Britez et al. (2006)
Rm	16,24	Cerrado	Ottmar et al. (2001) (biomassa acima do solo e serapilheira); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo)	Fitofisionomia semelhante; número de reservatórios	Barbosa & Fearnside (1999)
Sa	39,92	Cerrado	Idem Cerrado	Na fitofisionomia; proximidade geográfica; número de reservatórios	Paula et al. (1998); Scolforo et al. (2008a); Haidar et al. (2013)
Sd	49,76	Cerrado	Idem Cerrado (TO/MA/PI)	Na fitofisionomia; proximidade geográfica	Scolforo et al. (2008a); Morais et al. (2013)
Sg	18,49	Cerrado	Idem Cerrado	Na fitofisionomia; número de reservatórios; proximidade geográfica	Barbosa & Fearnside (2005);
Sp	17,61	Cerrado	Ottmar et al. (2001) (biomassa acima do solo, serapilheira); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo)	Na fitofisionomia; número de reservatórios; ocorrência da fitofisionomia	Barbosa & Fearnside (2005)

continua na próxima página

SIGLA	ESTOQUE TOTAL (T C/HA)	BIOMA	FONTE	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Ta	15,23	Caatinga	ALBUQUERQUE (2015) (todos os reservatórios)	Na fitofisionomia no bioma; esforço amostral; número de reservatórios	Tiessen et al. (1998); Amorim et al. (2005); Accioly et al. (2008); Alves (2011); Sampaio & Costa (2011); Menezes et al. (2012); Souza et al. (2012); Cabral et al. (2013); Costa (2013); Mendonça et al. (2013)
Td	30,54	Caatinga	ALBUQUERQUE (2015) (todos os reservatórios)	Na fitofisionomia no bioma; esforço amostral; número de reservatórios	Menezes et al. (2012); Souza et al. (2012); Cabral et al. (2013); Costa (2013)
Tg	4,63	Amazônia	Barbosa & Fearnside (2005) (biomassa acima do solo, madeira morta, serapilheira); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo)	Na fitofisionomia, número de reservatórios	NA
Tp	10,06	Amazônia	Barbosa & Fearnside (2005) (biomassa acima do solo, madeira morta, serapilheira); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo)	Na fitofisionomia, número de reservatórios	NA

Bioma Mata Atlântica

A Mata Atlântica abrange a faixa continental leste brasileira. Devido à sua larga extensão latitudinal, cobre uma ampla faixa de zonas climáticas e apresenta formações vegetacionais heterogêneas. O bioma é composto por um mosaico de florestas ombrófilas densa, aberta e mista; florestas estacionais decidual e semidecidual; campos de altitudes, mangues e restingas.

A Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Fs), a mais representativa do bioma, teve sua biomassa acima do solo estimada a partir do trabalho de Metzker et al. (2011), realizado nessa fitofisionomia no bioma, em Minas Gerais. Por sua vez, a biomassa abaixo do solo e a madeira morta foram estimadas a partir de razões *default* do IPCC (2003; 2006), enquanto para a serapilheira foi utilizado a razão calculada a partir dos dados de Amaro et al. (2013), em Floresta Estacional Semidecidual Montana (Fm). O trabalho de Amaro et al. (2013) foi utilizado também para estimar a biomassa total de Fm, pois os autores apresentaram valores para todos os reservatórios nessa fitofisionomia na Mata Atlântica.

Para a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (Fa), foi utilizada a média dos valores de biomassa acima do solo em Floresta Semidecidual Ciliar Madura do Inventário de Minas Gerais (SCOLFORO et al., 2008c). A biomassa abaixo do solo e a madeira morta foram estimadas segundo razões *default* do IPCC (2003, 2006), enquanto a serapilheira foi estimada a partir da razão em uma mata mesófila ciliar (MOREIRA-BURGER & DELITTI, 1999).

Para a Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas (Fb), foram utilizados valores de Floresta Estacional Semidecidual Madura apresentada por Scolforo et al. (2008c) no Inventário de Minas Gerais, no bioma Mata Atlântica. Os reservatórios de biomassa abaixo do solo e madeira morta foram estimados a partir dos valores *default* do IPCC (2003, 2006), enquanto a serapilheira foi estimada da razão obtida por Amaro et al. (2003).

A Floresta Ombrófila Mista ou Floresta de Araucária ocorre principalmente na região sul do país (Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul), além de São Paulo e Minas Gerais. Para as Florestas Ombrófilas Mistas Submontana (Ms), Montana (Mm) e Alto Montana (Ml) foram utilizados valores de biomassa acima e abaixo do solo e de serapilheira obtidos por Watzwalick et al. (2012), no Paraná. Para estimar a madeira morta, foi utilizado a razão proposta pelo IPCC (2003).

Para os fragmentos de Floresta Ombrófila Mista Aluvial (Ma) nos estados de Santa Catarina e Paraná, foram obtidos valores de biomassa acima do solo e serapilheira a partir do trabalho de Socher et al. (2008), também no estado do Paraná. Para estimar a biomassa abaixo do solo e a madeira morta, foram usadas razões do IPCC (2003, 2006).

A Floresta Ombrófila Densa é uma mata perenifólia, ou seja, sempre verde, com ocorrência em praticamente toda a extensão do bioma Mata Atlântica. Para a Floresta Ombrófila Densa Aluvial (Da), foram utilizados os valores de biomassa acima do solo calculados por Britez et al. (2006), em Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Para a estimativa da biomassa abaixo do solo, foi utilizada a razão de Mokany et al. (2006), para a madeira morta a razão do IPCC (2003) e para a serapilheira a razão obtida a partir do trabalho de Socher et al. (2008).

Para as Florestas Ombrófilas Densas das Terras Baixas (Db), Submontana (Ds) e Montana (Dm), foram utilizados os trabalhos de Alves et al. (2010) para a biomassa acima do solo e Vieira et al. (2011) para biomassa abaixo do solo, madeira morta e serapilheira, realizados no estado de São Paulo. Cabe ressaltar que são apresentados valores para cada uma dessas Florestas Ombrófilas Densas (Db, Ds e Dm). Para a Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana (Dl), foi utilizado o valor de biomassa acima do solo calculado por Britez et al. (2006) a partir de um trabalho realizado no Paraná. Para estimar os demais reservatórios de Dl, foram utilizadas as mesmas razões citadas anteriormente para a fitofisionomia Da.

Para as Florestas Ombrófilas Abertas Aluvial (Aa), das Terras Baixas (Ab), Montana (Am) e Submontana (As), cujos fragmentos ocorrem nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Pernambuco e Alagoas, optou-se por utilizar um valor único. A estimativa de biomassa acima do solo foi obtida a partir da média de sete valores calculados, usando a densidade de indivíduos e diâmetro médio na equação desenvolvida por Brown (1997). Os trabalhos utilizados foram distribuídos em Rondônia, Pernambuco e Maranhão (SILVEIRA, 2009; FERRAZ & RODAL, 2006; GAMA et al., 2007). Os demais reservatórios foram estimados segundo razões de Mokany et al. (2006) para biomassa abaixo do solo, IPCC (2003) para madeira morta e Socher et al. (2008) para serapilheira.

Para a Floresta Estacional Decidual ou Caducifólia Aluvial (Ca), encontrada principalmente no Rio Grande do Sul, foi utilizada a média dos valores de biomassa acima do solo de Floresta Decidual Ciliar Madura apresentados no Inventário Florestal de Minas Gerais (SCOLFORO et al., 2008b). Para incorporar a biomassa abaixo do solo e a madeira morta foram utilizadas as razões segundo o IPCC (2003, 2006) e, para serapilheira, utilizou-se a razão em mata mesófila semidecídua ciliar (MOREIRA-BURGER & DELITTI, 1999).

Para os fragmentos de Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas (Cb), localizados no Rio Grande do Norte, foi adotado o mesmo valor dessa fitofisionomia no bioma Caatinga.

Os valores obtidos a partir do trabalho de Brun (2004), realizado no Rio Grande do Sul, foram utilizados para as Florestas Estacionais Deciduais Montana (Cm) e Submontana (Cs), que ocorrem principalmente na Bahia e nas regiões sul e sudeste do país. O autor avalia todos os reservatórios, exceto a madeira morta, que foi estimada a partir da razão proposta pelo IPCC (2003).

O valor para Estepe Arborizada (Ea) foi o mesmo utilizado para essa fitofisionomia no Cerrado, do Inventário Florestal de Minas Gerais (SCOLFORO et al., 2008a), estado onde a Ea ocorre na Mata Atlântica. Enquanto para Estepe Gramíneo-Lenhosa (Eg) optou-se pelo mesmo valor dessa fitofisionomia no bioma Pampa, uma vez que ela ocorre na transição com a Mata Atlântica, no Rio Grande do Sul.

As Vegetações com Influência Fluvial e/ou Lacustre (Pa), na Mata Atlântica, apresentam principalmente estrutura florestal e ocorrem nas áreas de várzea dos rios. Sua biomassa acima do solo foi estimada a partir da média dos valores calculados por Britez et al. (2006), a partir de trabalhos nesta fitofisionomia realizados no Paraná. Os demais reservatórios foram obtidos a partir de razões para biomassa abaixo do solo de Mokany et al. (2006), para madeira morta do IPCC (2003) e para serapilheira de Moreira-Burger & Delitti (1999).

Para as Pioneiras com Influência Fluviomarinha (mangues ou Pf), foi utilizado o mesmo valor de estoque de carbono no bioma Amazônia, que resultou da biomassa acima do solo segundo Hutchison et al. (2013) para mangues no Brasil.

O valor de biomassa acima do solo para as Pioneiras com Influência Marinha (Pm) foi retirado de Alves et al. (2010), também publicado em Assis et al. (2011), em vegetação de restinga no estado de São Paulo. Para a biomassa abaixo do solo foi adotada a razão do IPCC (2006). Para o valor de madeira morta foi utilizado o valor de Veiga (2010), na mesma área de estudo de Alves et al. (2010) e Assis et al. (2011). A serapilheira foi estimada a partir de equação de decomposição (KRISTENSEN et al., 2008), constante de decomposição (PIRES et al., 2006) e valor de deposição de serapilheira (ASSIS et al., 2011).

Para os Refúgios Montano (Rm) e Submontano (Rs), foi utilizado o mesmo valor proposto para essa fitofisionomia no bioma Cerrado (OTTMAR et al., 2001), devido à falta de informação com relação à biomassa para essas fitofisionomias e bioma propriamente dito. Para o Refúgio Alto-Montano (Rl), optou-se pelas médias dos valores de biomassa acima do solo e serapilheira de Campo Limpo em altitudes acima de 1.000 m apresentados por Ottmar et al. (2001), acrescentando a biomassa abaixo do solo a partir da razão para vegetação campestre no Cerrado (MIRANDA et al., 2014). Por ser uma vegetação campestre, o reservatório de madeira morta não foi considerado para essa fitofisionomia.

Para as seguintes fitofisionomias típicas do Cerrado, Savanas Florestada (Sd), Arborizada (Sa) e Gramíneo-Lenhosa (Sg) ocorrentes no bioma Mata Atlântica, foram adotados os mesmos valores propostos para essas fitofisionomias no bioma Cerrado, uma vez que ocorrem em sua grande maioria nas áreas de transição entre eles, principalmente no estado de Minas Gerais. Para Sd, optou-se pelo valor escolhido para o Cerrado, nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia e Distrito Federal (SCOLFORO et al., 2008a). Para Savana Parque (Sp), foram utilizados os valores de Campo Sujo em Goiás, Minas Gerais e Distrito Federal, segundo Ottmar et al. (2011), acrescentando biomassa abaixo do solo a partir da razão para vegetações campestres (MIRANDA et al., 2014), reservatório não considerado pelos autores.

Para as Savanas Estépicas Arborizada (Ta) e Florestada (Td), por ocorrerem na região nordeste, inclusive no estado de Pernambuco, foram utilizados os mesmos valores indicados para essas fitofisionomias no bioma Caatinga. Para a Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa (Tg), optou-se pelo valor adotado para o Pampa, uma vez que essa fitofisionomia ocorre na divisa com esse bioma.

Na Tabela A1.15, apresentam-se os valores de estoque de carbono total utilizados para as fitofisionomias do bioma Mata Atlântica, referências de onde os valores, fatores de expansão e razões foram retirados, bioma do valor de biomassa acima do solo, critérios para a escolha e outros trabalhos cujos valores foram cogitados.

TABELA A1.15

Estoque de carbono total por unidade de área (t C/ha) das fitofisionomias no bioma Mata Atlântica; bioma de origem da estimativa de biomassa acima do solo; fontes utilizadas para gerar o estoque de carbono total; critérios utilizados na escolha das fontes; e outras fontes consultadas

SIGLA	ESTOQUE TOTAL (tC/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Aa	47,03	Mata Atlântica, Cerrado, Amazônia	Silveira (2009); Ferraz & Rodal (2006); Gama et al. (2007) (biomassa acima do solo); Brown (1997) (equação alométrica); Mokany et al. (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Socher et al. (2008) (serapilheira)	Trabalhos em Floresta Ombrófila Aberta	NA
Ab	47,03	Mata Atlântica, Cerrado, Amazônia	Silveira (2009); Ferraz & Rodal (2006); Gama et al. (2007) (biomassa acima do solo); Brown (1997) (equação alométrica); Mokany et al. (2006) (raízes); IPCC (2003) (madeira morta); Socher et al. (2008) (serapilheira)	Trabalhos em Floresta Ombrófila Aberta	NA
Am	47,03	Mata Atlântica, Cerrado, Amazônia	Silveira (2009); Ferraz & Rodal (2006); Gama et al. (2007) (biomassa acima do solo); Brown (1997) (equação alométrica); Mokany et al. (2006) (raízes); IPCC (2003) (madeira morta); Socher et al. (2008) (serapilheira)	Trabalhos em Floresta Ombrófila Aberta	NA
As	47,03	Mata Atlântica, Cerrado, Amazônia	Silveira (2009); Ferraz & Rodal (2006); Gama et al. (2007) (biomassa acima do solo); Brown (1997) (equação alométrica); Mokany et al. (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Socher et al. (2008) (serapilheira)	Trabalhos em Floresta Ombrófila Aberta	NA
Ca	121,76	Caatinga	Scolforo et al. (2008b) (biomassa acima do solo); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Moreira-Burger e Delitti (1999) (serapilheira)	Fitofisionomia semelhante; esforço amostral	Scariot & Sevilha (2005); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)
Cb	62,7	Caatinga	Idem Caatinga	Fitofisionomia semelhante; esforço amostral; próxima à Caatinga	Scariot & Sevilha (2005); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)

continua na próxima página

SIGLA	ESTOQUE TOTAL (tC/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Cm	106,41	Mata Atlântica	Brun (2004) (biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo, serapilheira); IPCC (2003) (madeira morta)	Fitofisionomia semelhante no bioma; número de reservatórios	Scariot & Sevilha (2005); Scolforo et al. (2008b); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)
Cs	106,41	Mata Atlântica	Brun (2004) (biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo, serapilheira); IPCC (2003) (madeira morta)	Fitofisionomia semelhante no bioma; número de reservatórios	Scariot & Sevilha (2005); Scolforo et al. (2008b); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)
Da	173,83	Mata Atlântica	Britez et al. (2006) (biomassa acima do solo); Mokany et al. (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Socher et al. (2008) (serapilheira)	Na fitofisionomia no bioma	RADAMBRASIL; Tiepolo et al. (2002)
Db	128,42	Mata Atlântica	Alves et al. (2010) (biomassa acima do solo); Vieira et al. (2011) (biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios	RADAMBRASIL; Tiepolo et al. (2002); Rolim et al. (2005); Britez et al. (2006); Assis et al. (2011); Sousa Neto et al. (2011)
Dl	105,53	Mata Atlântica	Britez et al. (2006) (biomassa acima do solo); Mokany et al. (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Socher et al. (2008) (serapilheira)	Na fitofisionomia no bioma	RADAMBRASIL
Dm	177,75	Mata Atlântica	Alves et al. (2010) (biomassa acima do solo); Vieira et al. (2011) (biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios	RADAMBRASIL; Tiepolo et al. (2002); Britez et al. (2006); Cunha et al. (2009); Lindner e Sattler (2011); Sousa Neto et al. (2011)
Ds	151,42	Mata Atlântica	Alves et al. (2010) (biomassa acima do solo); Vieira et al. (2011) (biomassa abaixo do solo, madeira morta, serapilheira)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios	RADAMBRASIL; Tiepolo et al. (2002); Britez et al. (2006); Borgo (2010); Lindner e Sattler (2011); Sousa Neto et al. (2011)
Ea	27,85	Cerrado	Idem Cerrado	Na fitofisionomia semelhante; próxima ao Cerrado	NA
Eg	2,12	Pampa	Idem Pampa	Na fitofisionomia; próxima ao Pampa	Oliveira et al. (2009)
Fa	75,89	Mata Atlântica	Scolforo et al. (2008c) (biomassa acima do solo); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Moreira-Burger & Delitti (1999) (serapilheira)	Fitofisionomia semelhante no bioma; esforço amostral	Britez et al. (2006); Wittman et al. (2008); Haidar et al. (2013)

continua na próxima página

SIGLA	ESTOQUE TOTAL (tC/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Fb	87,55	Mata Atlântica	Scolforo et al. (2008c) (biomassa acima do solo); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Amaro et al. (2003) (serapilheira)	Fitofisionomia semelhante no bioma; esforço amostral	Britez et al. (2006); Nogueira et al. (2008)
Fm	106,88	Mata Atlântica	Amaro et al. (2003) (todos os reservatórios)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios	Britez et al. (2006); Boina (2008); Scolforo et al. (2008c); Ribeiro et al. (2009); Haidar (2008); Françoso et al. (2013); Torres et al. (2013)
Fs	123,05	Mata Atlântica	Metzker et al. (2011) (biomassa acima do solo); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Amaro et al. (2003) (serapilheira)	Na fitofisionomia no bioma	RADAMBRASIL; Britez et al. (2006); Scolforo et al. (2008c); Haidar (2008); Françoso et al. (2013)
Ma	123,21	Mata Atlântica	Socher et al. (2008) (biomassa acima do solo e serapilheira); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta)	Na fitofisionomia no bioma	Britez et al. (2006)
Ml	142,66	Mata Atlântica	Watzlawick et al. (2012) (biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo, serapilheira); IPCC (2003) (madeira morta)	Fitofisionomia semelhante no bioma; número de reservatórios	Britez et al. (2006); Klauberg et al. (2010)
Mm	142,66	Mata Atlântica	Watzlawick et al. (2012) (biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo, serapilheira); IPCC (2003) (madeira morta)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios	Britez et al. (2006)
Ms	142,66	Mata Atlântica	Watzlawick et al. (2012) (biomassa acima do solo, serapilheira); IPCC (2003) (madeira morta)	Fitofisionomia semelhante no bioma; número de reservatórios	Britez et al. (2006); Klauberg et al. (2010)
Pa	105,38	Mata Atlântica	Britez et al. (2006) (biomassa acima do solo); Mokany et al. (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Moreira-Burger & Delitti (1999) (serapilheira)	Na fitofisionomia no bioma	Tiepolo et al. (2002)
Pf	117,2	Brasil	Hutchison et al. (2013) (biomassa acima e abaixo do solo); Fernandes (1997) (madeira morta); Ramos e Silva et al. (2007) (serapilheira)	Revisão e modelagem sobre mangues, valor para o Brasil	Fromard et al. (1998); Silva et al. (1998); Cogliatti-Carvalho & Mattos-Fonseca (2004); Medeiros & Sampaio (2008); Santos (2013); Estrada et al. (2014)

continua na próxima página

SIGLA	ESTOQUE TOTAL (tC/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Pm	130,7	Mata Atlântica	Alves et al. (2010) (biomassa acima do solo); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); Veiga (2010) (madeira morta); Pires et al. (2006) (constante de decomposição); Kristensen et al. (2008) (equação de regressão para decomposição); Assis et al. (2011) (serapilheira depositada)	Na fitofisionomia no bioma; número de reservatórios	Britez et al. (2006)
Rl	14,5	Cerrado	Ottmar et al. (2001) (biomassa acima do solo, serapilheira); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo)	Fitofisionomia semelhante	NA
Rm	18,49	Cerrado	Idem Cerrado	Fitofisionomia semelhante	Barbosa & Fearnside (1999)
Rs	18,49	Cerrado	Idem Cerrado	Fitofisionomia semelhante	NA
Sa	39,92	Cerrado	Idem Cerrado	Na fitofisionomia; próxima ao Cerrado; número de reservatórios	Scolforo et al. (2008a); Haidar et al. (2013)
Sd	52,42	Cerrado	Idem Cerrado (MG/GO/DF/BA)	Na fitofisionomia; próxima ao Cerrado; esforço amostral	Durigan (2004); Pinheiro (2007); Morais et al. (2013)
Sg	18,49	Cerrado	Idem Cerrado	Na fitofisionomia; abrangência geográfica; número de reservatórios	Kauffman et al. (1994); Castro & Kauffman (1998); Barbosa & Fearnside (2005)
Sp	17,61	Cerrado	Ottmar et al. (2001) (biomassa acima do solo, serapilheira); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo)	Na fitofisionomia; próxima ao Cerrado; número de reservatórios	Barbosa & Fearnside (2005)
Ta	15,23	Caatinga	Idem Caatinga	Na fitofisionomia; esforço amostral; próxima à Caatinga	NA
Td	30,54	Caatinga	Idem Caatinga	Na fitofisionomia; esforço amostral; próxima à Ccatinga	NA
Tg	12,6	Pampa	Idem Pampa	Fitofisionomia semelhante; próxima ao Pampa	NA

Bioma Pampa

No Brasil, o bioma Pampa ocorre apenas no estado do Rio Grande do Sul, além dos países vizinhos Argentina e Uruguai. Nesse bioma predominam os campos temperados, caracterizados pelo domínio da vegetação herbácea, mas também ocorrem formações florestais e arbustivas, em serras e planícies.

Foram priorizados trabalhos realizados no Pampa e no estado do Rio Grande do Sul. Na ausência desses trabalhos, foram utilizados valores de fitofisionomias em outros biomas, preferencialmente da Mata Atlântica, vizinha ao Pampa. Em último caso, foram usados valores de fitofisionomias semelhantes, sempre o mais próximo possível do Pampa brasileiro.

Para a Estepe Arborizada (Ea), optou-se pelos valores encontrados para o *Chaco* argentino (GASPARRI et al., 2008). Esse trabalho foi escolhido por não ter sido encontrado valor de biomassa acima do solo para essa fitofisionomia no bioma Pampa propriamente dito, pela proximidade geográfica com esse bioma, e pela semelhança estrutural com essa fitofisionomia. As razões usadas pelos autores para estimativa de biomassa abaixo do solo (IPCC, 2006), madeira morta (IPCC, 2003) e serapilheira (valor regional) foram mantidos por terem sido considerados adequados. Para a Savana Estépica Arborizada (Ta), optou-se pelos mesmos valores da Ea no bioma Pampa, também pela falta de trabalhos encontrados nessa fitofisionomia propriamente dita.

Para Estepe Gramíneo Lenhosa (Eg), foram utilizados valores de biomassa acima e abaixo do solo no próprio bioma Pampa no Rio Grande do Sul (FIDELIS et al., 2006). Por ser essa uma fitofisionomia estritamente herbácea, não foi estimado um valor para madeira morta. Já para serapilheira, foi usado um valor fixo de uma revisão de bibliografia apresentado no livro *Grasses and Grasslands Ecology*, Tabela 7.2 (COUPLAND, 1993 *apud* GIBSON, 2009).

Para as Florestas Estacionais Deciduais Aluvial (Ca), Montana (Cm) e Submontana (Cs), as Florestas Ombrófilas Densas Montana (Dm) e Submontana (Ds), assim como para as Florestas Estacionais Semideciduais Submontana (Fs) e Montana (Fm) e Floresta Ombrófila Mista Montana (Mm), foram utilizados os mesmos valores e razões dessas fitofisionomias para o bioma Mata Atlântica.

Para a Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas (Fb), foram utilizados os valores de biomassa acima do solo e serapilheira acumulada em mata mesófila semidecídua ciliar (MOREIRA-BURGER & DELITTI, 1999) obtido no bioma Mata Atlântica. Para a biomassa abaixo do solo e madeira morta, foram utilizadas razões *default* do IPCC (2003, 2006).

Para a Savana Florestada (Sd), foram usados valores de biomassa acima e abaixo do solo, e serapilheira para Cerradão no bioma Cerrado (MORAIS et al., 2013) e utilizado a razão para estimativa de madeira morta, de acordo com o IPCC (2003).

Para a Vegetação com Influência Fluvial e/ou Lacustre (Pa), Pioneiras com Influência Fluviomarinha (Pf) e Pioneiras com Influência Marinha (Pm), além da literatura científica, foram revisados trabalhos e planos de manejo de unidades de conservação no litoral e na região da Lagoa dos Patos (KNAK, 1999; BRACK, 2006; DUARTE & BENCKE, 2006; JACOBI et al., 2013), assim como observadas fotos dessas vegetações no bioma Pampa. A partir dessas análises, concluiu-se que a estrutura das mesmas é predominantemente campestre e de banhados. Dessa forma, foram adotados valores de um trabalho realizado em banhado de *Spartina densiflora* Brongn na Lagoa dos Patos, no Rio Grande do Sul (CUNHA et al., 2005).

A Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa (Tg) ocorre a oeste do bioma e na divisa com os países Argentina e Uruguai. Para essa fitofisionomia campestre, foram adotados os valores de biomassa acima e abaixo do solo e serapilheira nos campos uruguaios, caracterizados por vegetação herbácea, na Bacia do Rio de La Plata (PARUELO et al., 2010). Para a Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg), foi adotado o mesmo valor usado para Tg, pelo fato de as duas fitofisionomias ocorrerem próximas e serem estruturalmente semelhantes (ou seja, estritamente campestres).

Na Tabela A1.16, apresentam-se os valores de estoque de carbono total utilizados para as fitofisionomias do bioma Pampa, referências utilizadas para estimar o estoque de carbono total, bioma de origem da estimativa de biomassa acima do solo, critérios para a escolha das fontes e outros trabalhos consultados.

TABELA A1.16

Estoque de carbono total por unidade de área (t C/ha) das fitofisionomias do bioma Pampa; bioma de origem da estimativa de biomassa acima do solo; fontes utilizadas para gerar o estoque de carbono total; critérios utilizados na escolha das fontes; e outras fontes consultadas

SIGLA	ESTOQUE TOTAL (tC/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Ca	121,76	Caatinga	Scolforo et, al. 2008b (biomassa acima do solo); IPCC, 2006 (biomassa abaixo do solo); IPCC, 2003 (madeira morta); Moreira-Burger & Delitti, 1999 (serapilheira) Idem Mata Atlântica	Fitofisionomia semelhante; esforço amostral	Scariot & Sevilha (2005); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)
Cm	106,41	Mata Atlântica	Brun, 2004 (biomassa acima e abaixo do solo, serapilheira); IPCC, 2003 (madeira morta)Idem Mata Atlântica	Fitofisionomia semelhante; próxima ao Pampa no RS; número de reservatórios	Scariot & Sevilha (2005); Vogel et al. (2006); Scolforo et al. (2008b); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)
Cs	106,41	Mata Atlântica	Brun, 2004 (biomassa acima e abaixo do solo, serapilheira); IPCC, 2003 (madeira morta)Idem Mata Atlântica	Fitofisionomia semelhante; próxima ao Pampa no RS; número de reservatórios	Scariot & Sevilha (2005); Vogel et al. (2006); Scolforo et al. (2008b); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)
Dm	177,75	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Na fitofisionomia; número de reservatórios; divisa Mata Atlântica	Tiepolo et al., 2002; Britez et al., 2006; Cunha et al., 2009; Lindner & Sattler, 2011; Sousa Neto et al., 2011
Ds	151,42	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Na fitofisionomia; número de reservatórios; divisa Mata Atlântica	Tiepolo et al., 2002; Britez et al., 2006; Cunha et al., 2009; Lindner & Sattler, 2011; Sousa Neto et al., 2011
Ea	55,74	Chaco argentino	Gasparri et al. (2008) (todos os reservatórios)	Fitofisionomia semelhante	Manrique et al. (2009); fotos
Eg	2,12	Pampa	Fidelis et al. (2006) (biomassa acima e abaixo do solo); Gibson (2009) (serapilheira)	Na fitofisionomia no bioma	Oliveira et al. (2009)

continua na próxima página

SIGLA	ESTOQUE TOTAL (tC/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Fb	86,08	Mata Atlântica	Moreira-Burger & Delitti (1999) (biomassa acima do solo e serapilheira); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta)	Fitofisionomia semelhante; próxima a rios	Britez et al., 2006; Scolforo et al. (2008c)
Fm	106,88	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Na fitofisionomia; número de reservatórios	Britez et al. (2006); Boina (2008); Scolforo et al. (2008c); Ribeiro et al. (2009); Haidar (2008); Torres et al. (2013); Françoso et al. (2013)
Fs	123,05	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Na fitofisionomia	Britez et al. (2006); Scolforo et al. (2008c); Haidar (2008); Françoso et al. (2013)
Mm	142,66	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Na fitofisionomia; número de reservatórios	Britez et al., 2006
Pa	12,57	Pampa	Cunha et al. (2005) (todos os reservatórios)	Na fitofisionomia no bioma; vegetação herbácea predominante	Knak, 1999; Brack, 2006; Duarte & Bencke, 2006; Jacobi et al., 2013; fotos
Pf	12,57	Pampa	Cunha et al. (2005) (todos os reservatórios)	Fitofisionomia semelhante, vegetação herbácea predominante	Knak, 1999; Brack, 2006; Duarte & Bencke, 2006; Jacobi et al., 2013; fotosHutchison et al., 2013
Pm	12,57	Pampa	Cunha et al. (2005) (todos os reservatórios)	Fitofisionomia semelhante, vegetação herbácea predominante	Knak, 1999; Brack, 2006; Duarte & Bencke, 2006; fotosJacobi et al., 2013
Sd	49,96	Mata Atlântica	Morais et al. (2013) (biomassa acima e abaixo do solo; serapilheira); IPCC (2003)	Na fitofisionomia; número de reservatórios	Durigan, 2004; Pinheiro, 2008; Scolforo et al., 2008a; Miranda et al., 2014
Sg	12,6	Pampa uruguaio	Paruelo et al., 2010 (todos os reservatórios) Idem Tg no Pampa	Fitofisionomia semelhante; próxima a Tg	Ottmar et al. (2011)
Ta	55,74	Chaco argentino	Gasparri et al., 2008 (todos os reservatórios) Idem Ea no Pampa	Fitofisionomia semelhante; zona climática	Manrique et al. (2009); fotos
Tg	12,6	Pampa uruguaio	Paruelo et al. (2010) (todos os reservatórios)	Fitofisionomia semelhante; proximidade geográfica; artigo de revisão	Caña et al. (2013)

Bioma Pantanal

O bioma Pantanal é representado por um grande mosaico vegetacional com formações florestais, savânicas e campestres, além da vegetação com influência aquática (fluvial com regime de inundação). Essas formações vegetais têm ainda relações com o *Chaco* ao sul, a Amazônia ao norte, a Mata Atlântica e o Cerrado ao sul e leste do bioma. Dessa maneira, os valores de biomassa da vegetação do Pantanal foram obtidos a partir de dados coletados em campo e referências bibliográficas preferencialmente no próprio bioma e, quando isso não foi possível, optou-se por referências nesses biomas vizinhos.

Para as Savanas Arborizada (Sa) e Florestada (Sd), foram utilizados os dados coletados em campo nessas fitofisionomias no Pantanal, oriundos de projetos realizados em parceria entre Embrapa e PROBIO, desenvolvidos durante os anos de 1997 a 2005 (SILVA, J. V. S.[23]). Após levantamento de equações alométricas para estimativa de biomassa acima do solo no Cerrado (ex.: DELITTI et al., 2006; REZENDE et al., 2006; SALIS et al., 2004; PINHEIRO, 2008), optou-se pelas utilizadas por Pinheiro (2008), segundo Melo et al. (2007) para Cerrado *sensu stricto* e Cerradão. Nessas equações, foram considerados o diâmetro quadrático e altura de árvores com circunferência acima do peito (CAP) maior ou igual a 10 cm. Para a Savana Arborizada foram utilizadas 18 parcelas e para a Florestada, 24 parcelas com tamanho de 5 m x 20 m distribuídas no bioma. Para a biomassa abaixo do solo, adotaram-se as razões de savanas e florestas em Cerrado de Miranda et al. (2014) para Sa e Sd, respectivamente. Para Sa, optou-se pelas razões para madeira morta e serapilheira em Cerrado Denso, Típico e Ralo, segundo os dados de Ottmar et al. (2001). Para Sd, optou-se pelas razões para madeira morta do *default* do IPCC (2003) e para serapilheira segundo dados em Cerradão de Morais et al. (2013).

A Savana Parque (Sp) no Pantanal contempla as vegetações de paratudal, canjiqueiral, lixeiral, campo sujo, cerrado de pantanal e campo de murundus (IBGE, 2012). A biomassa lenhosa acima do solo foi calculada a partir da equação de Delitti et al. (2006) com os dados coletados por Haidar et al. (2013) em Savana Parque no Tocantins (em 10 áreas inundáveis da região da Ilha do Bananal) de árvores com diâmetro a 30 cm do solo maior que 5 cm. Somou-se a esse valor a média de biomassa herbácea acima do solo em Cerrado Ralo, segundo Ottmar et al. (2001). Para a biomassa abaixo do solo, adotou-se a razão para vegetação savânica, segundo Miranda et al. (2014). Para madeira morta e serapilheira, optou-se pelas razões em Cerrado Ralo, segundo Ottmar et al. (2001).

Como Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg) é uma vegetação estritamente campestre, foi considerado o mesmo valor de estoque de carbono total dessa fitofisionomia no bioma Cerrado.

As savanas estépicas se concentram no sul no Pantanal, no estado do Mato Grosso do Sul (SILVA & CAPUTO, 2010). Para Savana Estépica Florestada (Td), adotou-se a média dos valores de biomassa acima do solo do trabalho de Padilha (2011) realizado nessa fitofisionomia. Para o cálculo de biomassa abaixo do solo, foi utilizada a razão de fisionomias florestais no Cerrado (MIRANDA et al., 2014), para madeira morta a razão *default* do IPCC (2003) e serapilheira a razão para Cerradão (MORAIS et al., 2013). Para as Savanas Estépicas Arborizada (Ta ou Chaco), Parque (Tp, Carandazal ou Paratudal) e Gramíneo-Lenhosa (Tg), não foram encontrados valores de biomassa regionais para o Pantanal, sendo utilizados os mesmos valores dessas fitofisionomias do bioma Amazônia.

23 SILVA, J. V. S. (Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, Campinas). Comunicação pessoal, 2014.

A Vegetação com Influência Fluvial e/ou Lacustre (Pa) corresponde às comunidades vegetais que ocorrem nas planícies sazonalmente alagáveis no Pantanal. Uma das comunidades que predominam nessas planícies é o Cambarazal, caracterizado por uma vegetação dominada pela espécie arbórea Cambará (*Vochysia divergens* Pohl). Desse modo, a biomassa acima do solo foi calculada a partir da média de quatro estágios sucessionais de Cambarazal no Pantanal apresentados por Schongart et al. (2011). A biomassa subterrânea foi estimada pela razão calculada a partir de Stape et al. (2011) em Cambarazal aberto, também no Pantanal. Para a estimativa de madeira morta, foi adotada a razão *default* do IPCC (2003) e para serapilheira utilizou-se a razão em mata mesófila semidecídua ciliar (MOREIRA-BURGER & DELITTI, 1999).

Para a biomassa acima do solo da Floresta Estacional Decidual Aluvial (Ca), foi utilizada a média dos valores de peso de matéria seca de árvores em Floresta Decidual Ciliar Madura (SCOLFORO et al., 2008b). Para as Florestas Estacionais Deciduais das Terras Baixas (Cb) e Submontana (Cs), estimou-se a biomassa acima do solo com a aplicação da equação alométrica de Brown (1997, equação 3.2.1), a partir da média da área basal e densidade de indivíduos (CAP > 15 cm), apresentados por Lima et al. (2009) nessas fitofisionomias do Pantanal. Para o cálculo de biomassa abaixo do solo e madeira morta dessas fitofisionomias, utilizou-se os valores *default* do IPCC (2003, 2006). Para a serapilheira, foram utilizados as razões em Cerradão (MORAIS et al., 2013) para Cb e Cs, e em mata mesófila semidecídua ciliar (MOREIRA-BURGER & DELITTI, 1999) para Ca.

Para a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (Fa), foi utilizado o valor de biomassa acima do solo em floresta ripária sazonalmente inundada no Pantanal de Wittman et al. (2008). Para o cálculo de biomassa abaixo do solo e madeira morta, foram utilizados os valores *default* do IPCC (2003, 2006) e para serapilheira a razão em mata mesófila semidecídua ciliar (MOREIRA-BURGER & DELITTI, 1999).

Para Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Fs), foi adotado o mesmo valor de estoque de carbono dessa fitofisionomia no bioma Mata Atlântica. Para a Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas (Fb), foi utilizado o valor de estoque de carbono dessa fitofisionomia no bioma Amazônia pela localização ao norte do Pantanal.

Na Tabela A1.17, apresentam-se os valores de estoque de carbono total utilizados para as fitofisionomias do bioma Pantanal, referências de onde os valores, fatores de expansão e razões foram retirados, bioma do valor de biomassa aérea, critérios para a escolha e outros trabalhos consultados.

TABELA A1.17

Estoque de carbono total por unidade de área (t C/ha) das fitofisionomias no bioma Pantanal; bioma de origem da estimativa de biomassa acima do solo; fontes utilizadas para gerar o estoque de carbono total; critérios utilizados na escolha das fontes; e outras fontes consultadas

SIGLA	ESTOQUE TOTAL (tC/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Ca	121,76	Caatinga	Idem Mata Atlântica	Fitofisionomia semelhante	Scariot & Sevilha (2005); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)
Cb	105,11	Pantanal	Lima et al. (2009) (biomassa acima do solo); Brown (1997) (equação alométrica); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Morais et al. (2013) (serapilheira)	Na fitofisionomia no bioma	Scariot 7 Sevilha (2005); Scolforo et al. (2008b); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)
Cs	127,83	Pantanal	Lima et al. (2009); Brown (1997) (equação alométrica); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Morais et al. (2013) (serapilheira)	Na fitofisionomia no bioma	Scariot & Sevilha (2005); Scolforo et al. (2008b); Pereira et al. (2011); Coelho et al. (2012)
Fa	167,52	Pantanal	Wittman et al. (2008) (biomassa acima do solo); IPCC (2006) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Moreira-Burger & Delitti (1999) (serapilheira)	Valores em fitofisionomia semelhante	Paula et al. (1990, 1993); Imanã-Encinas et al. (1995); Haidar et al. (2013)
Fb	145,37	Amazônia	Idem Amazônia	Na fitofisionomia; próxima à Amazônia	Moreira-Burger & Delitti (1999)
Fs	123,05	Mata Atlântica	Idem Mata Atlântica	Na fitofisionomia	Scolforo et al. (2008c); Haidar (2008); Françoso et al. (2013)
Pa	81,60	Pantanal	Schongart et al. (2011) (biomassa acima do solo); Stape et al. (2011) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Moreira-Burger & Delitti (1999) (serapilheira)	Na fitofisionomia no bioma, vegetação predominante	Ottmar et al. (2001); Bahia et al. (2009); Fidelis et al. (2013)
Sa	55,92	Pantanal	Embrapa/PROBIO (biomassa acima do solo); Melo et al. (2007) em Pinheiro (2008) (equação alométrica); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo); Ottmar et al. (2001) (madeira morta e serapilheira)	Na fitofisionomia no bioma; abrangência geográfica	Salis et al. (2004); Fernandes et al. (2008); Scolforo et al. (2008a); Stape et al. (2011)
Sd	103,45	Pantanal	Embrapa/PROBIO (biomassa acima do solo); Melo et al. (2007) em Pinheiro (2008) (equação alométrica); Miranda et al. (2014) (raízes); IPCC (2003) (madeira morta); Morais et al. (2013) (serapilheira)	Na fitofisionomia no bioma; abrangência geográfica	Salis et al. (2004); Fernandes et al. (2008); Scolforo et al. (2008a)

continua na próxima página

SIGLA	ESTOQUE TOTAL (tC/ha)	BIOMA	FONTES	CRITÉRIO DE ESCOLHA	OUTRAS FONTES CONSULTADAS
Sg	18,49	Cerrado	Idem Cerrado	Mesma fitofisionomia	Kauffman et al. (1994); Castro & Kauffman (1998); Cardoso et al. (2000, 2003); Barbosa e Fearnside (2005)
Sp	31,68	Cerrado	Haidar et al., 2013 (biomassa lenhosa acima do solo); Delitti et al. (2006) (equação alométrica); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo); Ottmar et al. (2001) (biomassa herbácea, madeira morta e serapilheira)	Fitofisionomia e estrutura da vegetação semelhantes	Stape et al. (2011)
Ta	11,96	Amazônia	Idem Amazônia	Mesma fitofisionomia	Bonino (2006); Fearnside et al. (2009); Silva & Caputo (2010)
Td	99,32	Pantanal	Padilha (2011) (biomassa acima do solo); Miranda et al. (2014) (biomassa abaixo do solo); IPCC (2003) (madeira morta); Morais et al. (2013) (serapilheira)	Valores na fitofisionomia no bioma	Barbosa & Fearnside (1999); Bonino (2006); Fearnside et al. (2009)
Tg	5,27	Amazônia	Idem Amazônia	Mesma fitofisionomia	Silva & Caputo (2010); Fearnside et al. (2009)
Tp	11,45	Amazônia	Idem Amazônia	Mesma fitofisionomia	Silva & Caputo (2010); Fearnside et al. (2009)

1.1.5. Definição dos fatores de emissão e outros parâmetros necessários à estimativa das emissões e remoções de CO_2

Nesta seção, são apresentados os valores específicos adotados para os outros parâmetros relevantes utilizados nas equações para estimativa das mudanças de estoque de carbono no período de 2002 a 2010, incluindo o ano de 2005 excepcionalmente para a Amazônia. Buscou-se utilizar, sempre que possível, valores específicos dos biomas e do país, em vez dos valores *default* (*Tier* 1) contidos no *Good Practice Guidance* do IPCC 2003 e 2006.

Remoção anual de carbono em áreas manejadas

Adotou-se para a remoção anual de carbono em áreas florestais primárias manejadas valores diferenciados para os biomas (Tabela A1.18). Contudo, essa regionalização não foi possível nas vegetações campestres manejadas, devido à ausência de referências bibliográficas por bioma.

Optou-se pelo valor de incremento total anual de 0,52 t C/ha para áreas campestres manejadas em todos os biomas. Esse valor derivou-se da biomassa acima do solo em campo cerrado com três anos sem queima (CIANCIARUSO et al., 2010) e inclui o incremento de biomassa abaixo do solo a partir de uma razão conservativa de 20% sobre o incremento da biomassa acima do solo (IPCC, 2006).

Para o bioma Amazônia, foi adotado um incremento da biomassa acima do solo para áreas florestais manejadas de 0,34 t C/ha por ano, sendo esse valor a média de 25 valores para a Amazônia brasileira (BAKER et al., 2004). Considerou-se a média dos valores de razão de biomassa abaixo do solo para florestas densas e não densas na Amazônia de 25,8% do incremento da biomassa acima do solo (NOGUEIRA et al., 2008). Sendo assim, o incremento total anual utilizado para áreas florestais manejadas no bioma Amazônia foi de 0,43t C/ha.

Para o bioma Cerrado, optou-se pela média dos dois valores máximo e mínimo (0,1 a 0,3 t C/ha por ano) de uma torre de fluxo de CO_2 em Savana Arborizada nesse bioma (ROCHA et al., 2002), chegando-se ao valor de incremento total de 0,2 t C/ha por ano. As torres avaliam o fluxo de carbono em todos os reservatórios dos quais esse elemento participa, não sendo necessária a adição de razão para biomassa abaixo do solo nesse caso.

Na Mata Atlântica, foi utilizado o valor de incremento anual para a biomassa acima do solo de 0,27 t C/ha (SCARANELLO, 2010), obtido neste mesmo bioma. Optou-se pela razão para inclusão da biomassa abaixo do solo de 20% do incremento acima do solo (IPCC, 2006), resultando em um incremento anual total de 0,32 t C/ha para áreas florestais manejadas neste bioma.

Não foram encontrados valores de incremento anual de vegetação primária para o bioma Caatinga. A partir de consulta com pesquisador especialista no bioma (PAREYN, 2014), optou-se pelo valor mínimo para o Cerrado, ou seja, um incremento anual total de 0,1 t C/ha.

Para o bioma Pantanal, não foram encontrados valores de incremento anual de vegetação florestal primária. Pelo fato de os biomas serem vizinhos e pela grande área ocupada por fitofisionomias típicas do Cerrado, optou-se pelo seu valor de incremento. Sendo assim, o valor de incremento de carbono anual total para as vegetações florestais manejadas do Pantanal foi de 0,2 t C/ha.

No bioma Pampa, pela proximidade com o bioma Mata Atlântica e pela falta de trabalhos regionais, optou-se pelo mesmo valor adotado para o incremento total da Mata Atlântica, resultando em um valor de 0,32 t C/ha por ano.

A Tabela A1.18 apresenta uma síntese dos valores adotados para incremento anual de carbono das vegetações florestais manejadas dos biomas brasileiros e, quando necessário, a razão para adição do incremento subterrâneo, além das respectivas referências bibliográficas utilizadas.

TABELA A1.18

Incremento anual da biomassa acima e abaixo do solo (t C/ha) das vegetações florestais primárias manejadas por bioma, porcentagem do incremento subterrâneo em relação ao aéreo e referências utilizadas

BIOMA	INCREMENTO DA BIOMASSA ACIMA DO SOLO (tC/ha)	RAZÃO (%) (INCREMENTO DA BIOMASSA ABAIXO DO SOLO)	INCREMENTO TOTAL (tC/ha)	REFERÊNCIA
Amazônia	0,34	25,8	0,43	Baker et al. (2004); Nogueira et al. (2008)
Cerrado			0,2	Rocha et al. (2002)
Mata Atlântica	0,30	20	0,32	Scaranello (2010); IPCC (2006)
Caatinga			0,1	Rocha et al. (2002)
Pantanal			0,2	Idem Cerrado
Pampa	0,30	20	0,32	Idem Mata Atlântica

Remoção anual de carbono em áreas de vegetação secundária

Optou-se também por regionalizar por bioma, quando possível, os valores para incremento anual de vegetação secundária. Além disso, buscou-se considerar os distintos históricos de uso que precederam a formação dessa vegetação secundária, a saber: pastagem, agricultura ou outros usos. Adicionalmente, foi incluída a estimativa de mudanças no estoque de carbono em floresta secundária com histórico de floresta (vegetação florestal primária ou secundária e reflorestamento).

1) Vegetação secundária com histórico de floresta

A regionalização foi possível apenas nas vegetações florestais secundárias (Tabela A1.19), tendo sido adotado um valor único para o Brasil para as vegetações campestres secundárias. O valor de incremento anual total para as vegetações campestres secundárias foi de 0,52 t C/ha (CIANCIARUSO et al., 2010), o mesmo valor para campos manejados.

Para a vegetação florestal secundária no bioma Amazônia, o valor de incremento acima do solo utilizado foi de 3,94 t C/ha por ano (ALVES et al., 1997), com uma razão para biomassa abaixo do solo de 25,8% (NOGUEIRA et al., 2008) sobre esse incremento. Sendo assim, o valor de incremento anual total para as florestas secundárias na Amazônia foi de 4,96 t C/ha.

No bioma Cerrado adotou-se um valor de incremento de biomassa acima do solo para vegetação secundária florestal obtido nesse bioma de 1,41 t C/ha por ano (DURIGAN, 2004), com uma razão para biomassa abaixo do solo de 22% sobre o incremento de biomassa acima do solo (MIRANDA et al., 2014) e aplicação de 47% para transformar a biomassa em estoque de carbono. Assim, o incremento anual total para vegetações florestais secundárias no Cerrado foi de 1,72 t C/ha.

Para a Mata Atlântica, foi adotado um valor anual para o incremento de biomassa acima do solo das vegetações florestais secundárias de 4,46 t C/ha (MELO & DURIGAN, 2006) com uma razão para a biomassa abaixo do solo de 20% sobre a biomassa acima do solo (IPCC, 2006), resultando em um valor de incremento total de 5,35 t C/ha por ano.

No bioma Caatinga adotou-se um valor de incremento de biomassa acima do solo em vegetações florestais secundárias de 0,47 t C/ha por ano (PAREYIN, 2014; GARIGLIO et al., 2010; ISAIA et al., 1992). Para a estimativa de incremento da biomassa abaixo do solo, foi utilizado uma razão de 27% de vegetação nativa em regeneração nesse próprio bioma, segundo Costa et al. (2014). Sendo assim, o valor para incremento anual total para vegetações florestais secundárias no bioma Caatinga foi de 0,6 t C/ha.

Adotou-se para o incremento anual de biomassa acima do solo em vegetações florestais secundárias no bioma Pampa o valor de 1,4 t C/ha, com uma razão para biomassa abaixo do solo calculado de 26% sobre a biomassa acima do solo a partir de estudo realizado no estado do Rio Grande do Sul (BRUN, 2004). Assim, o valor de incremento anual total em vegetações florestais secundárias para o bioma Pampa foi de 1,76 t C/ha.

Para o bioma Pantanal, o incremento anual de biomassa acima do solo em vegetações florestais secundárias adotado foi de 2,25 t C/ha. Esse valor foi calculado em vegetação secundária de Cambarazal nesse bioma (SCHONGART et al., 2011). Para a biomassa abaixo do solo, foi utilizado uma razão de 23% desse valor, a partir do trabalho de Stape et al. (2011), também em Cambarazal no Pantanal. Resultou-se em um incremento anual total de 2,77 t C/ha para esse bioma.

TABELA A1.19

Incremento médio anual do estoque de carbono na biomassa viva em áreas de vegetação florestal secundária por bioma; incremento médio anual do estoque de carbono na biomassa acima do solo; razão biomassa abaixo do solo para biomassa acima do solo; e respectivas referências bibliográficas

BIOMA	INCREMENTO DA BIOMASSA ACIMA DO SOLO tC/ha	REFERÊNCIA INCREMENTO DA BIOMASSA ACIMA DO SOLO	RAZÃO A:S (%)	REFERÊNCIA RAZÃO A:S	INCREMENTO TOTAL tC/ha
Amazônia	3,94	Alves et al. (1997)	25,8	Nogueira (2008)	4,96
Cerrado	1,41	Durigan (2004)	22	Miranda et al. (2014)	1,72
Mata Atlântica	4,46	Melo e Durigan (2006)	20	IPCC (2006)	5,35
Caatinga	0,47	Gariglio et al. (2010); Isaia et al. (1992)	27	Costa et al. (2014)	0,60
Pantanal	2,25	Schongart et al. (2011)	23	Stape et al. (2011)	2,77
Pampa	1,4	Brun (2004)	26	Brun (2004)	1,76

2) Vegetação secundária com histórico de pastagem

Para o incremento anual de vegetação secundária com histórico de pastagem para todos os biomas foi utilizado o valor de 2,85 t C/ha. Esse valor foi calculado a partir de uma média para vegetação secundária com histórico

de pastagem com até 10 anos de idade na Amazônia (FELDPAUSCH et al., 2007), e com a inclusão de 20% para incremento de raízes (IPCC, 2006).

3) Vegetação secundária com histórico de agricultura

O valor adotado para o incremento anual total de vegetação secundária com histórico de agricultura foi de 4,73 t C/ha para todos os biomas. Esse valor partiu de uma média de valores de vegetação secundária com histórico de diferentes culturas com idades entre 2 e 9 anos (ALVES et al., 1997), com a inclusão de 20% para o incremento da biomassa abaixo do solo (IPCC, 2006).

4) Vegetação secundária com outros históricos

Considerou-se como outros históricos a mineração a céu aberto. O incremento anual total para vegetação florestal secundária com histórico de mineração foi de 0,59 t C/ha para todos os biomas. Esse valor foi calculado a partir da densidade de indivíduos por hectare e do diâmetro a altura do peito (DAP) de uma área de mineração em recuperação, com 9 anos de idade (SALOMÃO et al., 2007). Aplicou-se a equação de Brown (1997) para o cálculo do incremento acima do solo, sendo adicionado 20% ao a esse resultado, que se referiu à razão para estimativa da biomassa abaixo do solo (IPCC, 2006).

Remoção anual de carbono em área florestal submetida a corte seletivo

O incremento anual adotado para vegetação florestal onde ocorreu corte seletivo de madeira foi de 0,02% (HUANG & ASNER, 2010) em relação ao estoque de carbono restante após exploração madeireira. Somente analisado para o bioma Amazônia.

Estoque médio de carbono em áreas de vegetação secundária

O estoque médio de carbono em áreas de vegetação secundária foi obtido a partir da média de valores encontrados nos biomas Amazônia (FEARNSIDE & GUIMARÃES, 1996; ALVES et al., 1997), Mata Atlântica (MELO & DURIGAN, 2006) e Pantanal (SCHONGART et al., 2011), para vegetação florestal secundária em diferentes idades. Isso resultou em um valor de estoque médio de carbono de 44% da vegetação primária (floresta manejada e não manejada) para a vegetação secundária em todos os biomas brasileiros.

Perda de carbono em área florestal submetida a corte seletivo

Foi adotado o valor médio de perda de carbono de 29% (HUANG & ASNER, 2010) em relação ao estoque de carbono total da fitofisionomia quando uma área florestal é submetida à prática de corte seletivo na Amazônia.

Estoque e remoção de carbono em área de reflorestamento

Para os reflorestamentos com *Eucalyptus* spp., adotou-se o valor de 44 m^3/ha/ano para o incremento médio anual em volume de madeira (BRACELPA, 2014), equivalente a um incremento médio anual de carbono na biomassa

viva igual a 14,24 t C/ha. A densidade de madeira e as razões copa/tronco e raiz/tronco foram consideradas para incluir o carbono contido no tronco, copa e raízes das plantas, usando uma equação alométrica (IPCC, 2003). Para o cálculo do carbono médio de uma área de reflorestamento, considerou-se um ciclo de sete anos entre os cortes, obtendo-se o valor médio de estoque de 49,83 t C/ha.

Para os reflorestamentos com *Pinus* spp., adotou-se o valor de 38 m^3/ha/ano de incremento médio (BRACELPA, 2014), correspondendo a um valor de incremento de 11,60 t C/ha/ano. A densidade de madeira e as razões copa/tronco e raiz/tronco foram consideradas para incluir o carbono contido no tronco, copa e raízes das plantas, usando uma equação alométrica (IPCC, 2003). Considerou-se um ciclo de 15 anos entre os cortes para cálculo do carbono médio, obtendo-se o valor médio de estoque de 87,03 t C/ha.

Estoque médio de carbono em área de pastagem plantada

O estoque de carbono na biomassa viva de pastagens plantadas não arbustivas foi estimado utilizando os valores *default* do IPCC (2003) (Tabela 3.4.9, página 3.125) conforme a zona climática associada ao bioma e adotando o valor 0,47 t C/t m.s. Para o bioma Pampa, adotou-se o valor 6,35 t C/ha, associado a zona climática temperada úmida. Para a Caatinga, o valor adotado foi o correspondente à zona climática tropical seca (4,09 t C/ha). Para os demais biomas, adotou-se o valor 7,57 t C/ha, associado a zona climática tropical úmida.

Estoque de carbono em áreas agrícolas

Para culturas perenes em áreas agrícolas que permanecem áreas agrícolas, o estoque de carbono utilizado foi o valor *default* na Tabela 3.3.2 do IPCC (2003), diferenciado por tipo de zona climática associado a cada bioma considerado. Para todos os biomas, exceto Caatinga, assumiu-se o valor associado a zona tropical úmida (21 t C/ha), enquanto para Caatinga foi adotado o valor *default* de 9 t C/ha, associado à zona climática tropical seca. Os incrementos médios anuais de biomassa acima do solo em áreas contendo espécies perenes foram baseados nos valores *default* apresentados na Tabela 3.3.2 do IPCC (2003), de forma consistente à utilizada para gerar as estimativas de estoque acima apresentada. Assim sendo, assumiu-se o valor 1,8 t C/ha/ano para o bioma Caatinga e 2,6 t C/ha/ano para os demais biomas.

Para áreas de agricultura anual, adotou-se o valor de 5 t C/ha para o estoque de carbono conforme recomendado no IPCC (2003).

Estoque de carbono na biomassa em reservatórios, áreas urbanas e áreas de outros usos

Assume-se como zero o valor de estoque de carbono na biomassa em áreas de reservatórios (Res), áreas urbanas (S) e áreas de outros usos (O).

Fator de alteração do carbono de solos

Os fatores de alteração de carbono pelo uso da terra (f_{LU}), pelo regime de manejo (f_{MG}) e pelas adições (f_I), foram selecionados a partir dos valores sugeridos no *Good Practice Guidance* (IPCC, 2003), sendo mostrados na Tabela A1.20.

TABELA A1.20

Fatores de alteração do carbono de solos com a mudança do uso da terra

USO DA TERRA	f_{LU}	f_{MG}	f_I	f_c
FNM	1	-	-	1
FM	1	-	-	1
FSec	1	-	-	1
Ref[1]	0,58	1,16	1	0,673
CS	1	-	-	1
GNM	1	-	-	1
GM	1	-	-	1
GSec	1	-	-	1
Ap[2]	1	0,97	1	0,97
Ac[1]	0,58	1,16	0,91	0,612
S	0	-	-	0
A	0	-	-	0
Res	0	-	-	0
O	0	-	-	0

[1]*Good Practice Guidance (IPCC, 2003), Tabela 3.3.4.*
[2]*Good Practice Guidance (IPCC, 2003), Tabela 3.4.5.*



APÊNDICE II

QUEIMADAS NÃO ASSOCIADAS A DESMATAMENTOS

APÊNDICE II
QUEIMADAS NÃO ASSOCIADAS A DESMATAMENTOS

Com o objetivo de avaliar nos próximos inventários as emissões de gases de efeito estufa oriundas de queimadas não associadas a desmatamentos, foram mapeadas as cicatrizes das queimadas nos biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga para o ano de 2010.

Apesar do fato de essas queimadas não serem associadas ao desmatamento, a proximidade de atividades antrópicas (por exemplo, estradas, assentamentos, corte seletivo, queimadas prévias) pode facilitar a ocorrência de incêndios (ALENCAR et al., 2004).

Para esse mapeamento, considerou-se toda a extensão dos biomas selecionados. Foram identificadas as cicatrizes de fogo resultantes da queima de biomassa vegetal por meio da interpretação visual das mesmas imagens de satélite, majoritariamente imagens TM/Landsat-5, utilizadas para o mapeamento de uso e cobertura da terra de 2010. Para o bioma Cerrado exclusivamente, foram analisadas detecções de focos de calor pelos satélites NOAA (12, 15, 16, 17, 18 e 19), AQUA, TERRA, ERS-2, GOES (10 e 12) e MSG-02, equipados com diferentes sensores.

As áreas de cicatrizes de queimadas, ou mesmo de focos ativos, foram mapeadas na escala 1:125.000. Foram consideradas apenas as queimadas em áreas naturais (FNM, FM, GNM e GM), ou seja, aquelas que ocorreram fora de polígonos já mapeados com algum uso antrópico, conforme item 6.1.1.2. Cabe salientar que áreas queimadas cujos formatos fossem regulares e a localização fosse no entorno de áreas já mapeadas como uso antrópico (pastagem ou agricultura majoritariamente) foram consideradas como queimadas associadas ao desmatamento e, portando, mapeadas com o uso atribuído à região adjacente. Por outro lado, áreas queimadas que apresentassem formato irregular, cuja localização não permitisse atribuição de uso ou onde a cicatriz evidenciava que o fogo havia escapado do controle (fogo acidental), foram mapeadas como queimadas não associadas a desmatamento.

Cabe aqui destacar que as mesmas imagens de satélite usadas para o inventário no setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas cobrem, em sua maioria, o período de junho a outubro de 2010 (representando 77% das imagens do bioma Amazônia, 73% das imagens do Cerrado e 43% das imagens da Caatinga). As queimadas ocorridas após o dia em que as imagens foram captadas não foram contadas. Outras, ocorridas em 2009, podem ter sido contabilizadas em 2010.

O resultado obtido foi um mapa digital, por bioma, com a representação de cicatrizes de queimada na escala 1:250.000. Os produtos podem ser visualizados, por bioma, nas Figuras A2.1, A2.2 e A2.3. As quantificações das áreas queimadas por estado e bioma são apresentadas na figura A2.4 e Tabelas A2.1, A2.2 e A2.3.

FIGURA A2.1

Distribuição das cicatrizes de queimadas mapeadas em 2010 no bioma Amazônia

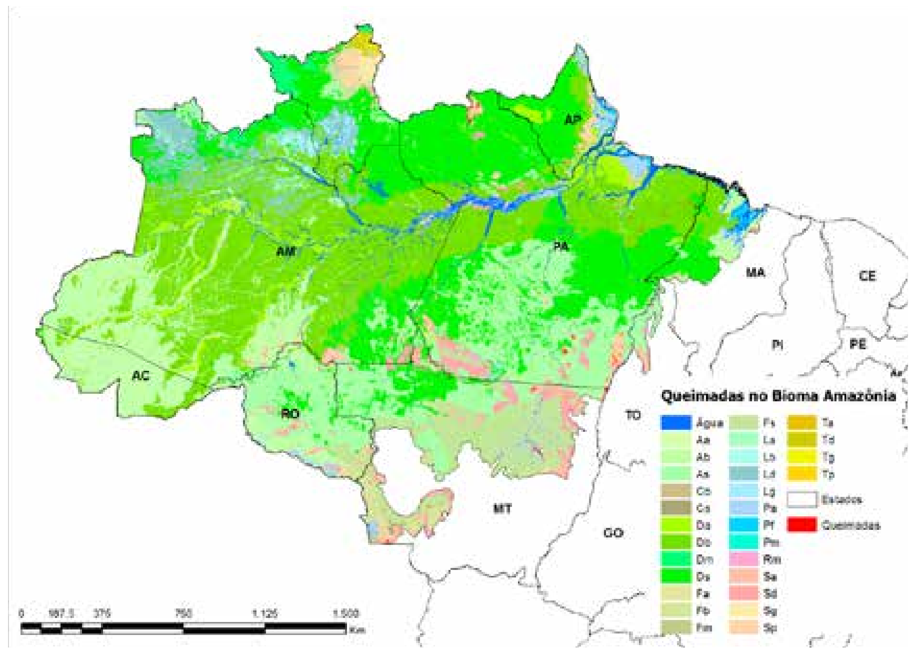


FIGURA A2.2

Distribuição das cicatrizes de queimadas mapeadas em 2010 no bioma Cerrado

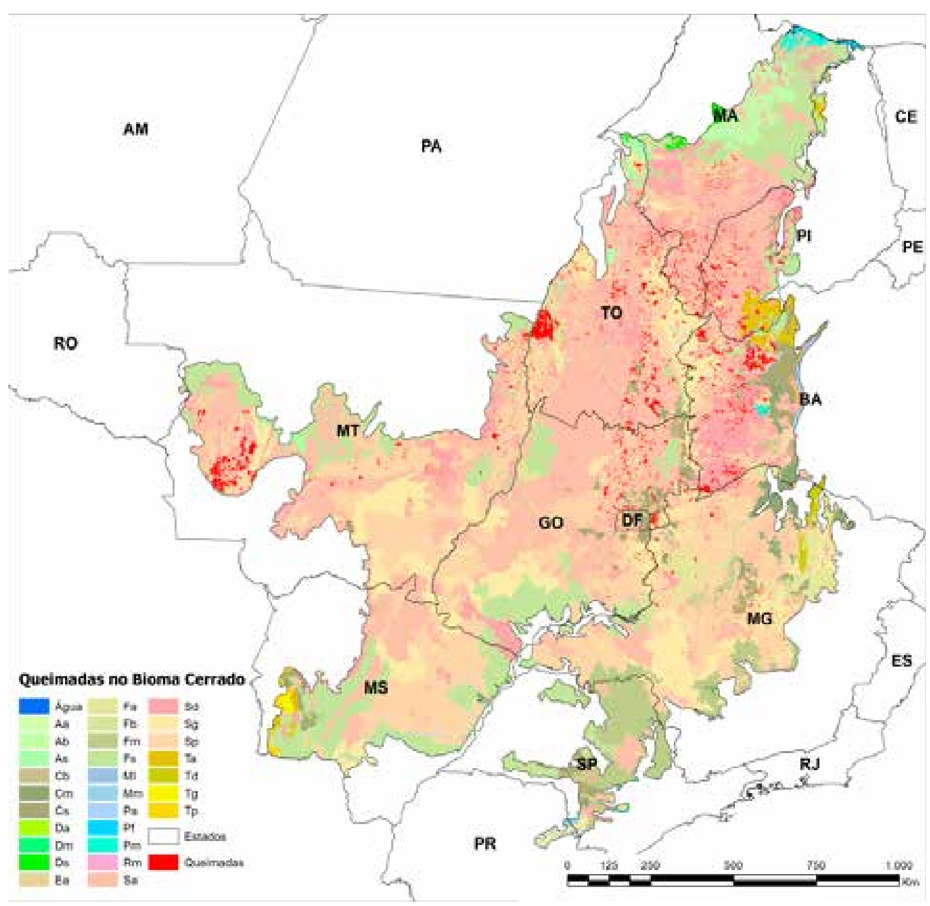


FIGURA A2.3

Distribuição das cicatrizes de queimadas mapeadas em 2010 no bioma Caatinga

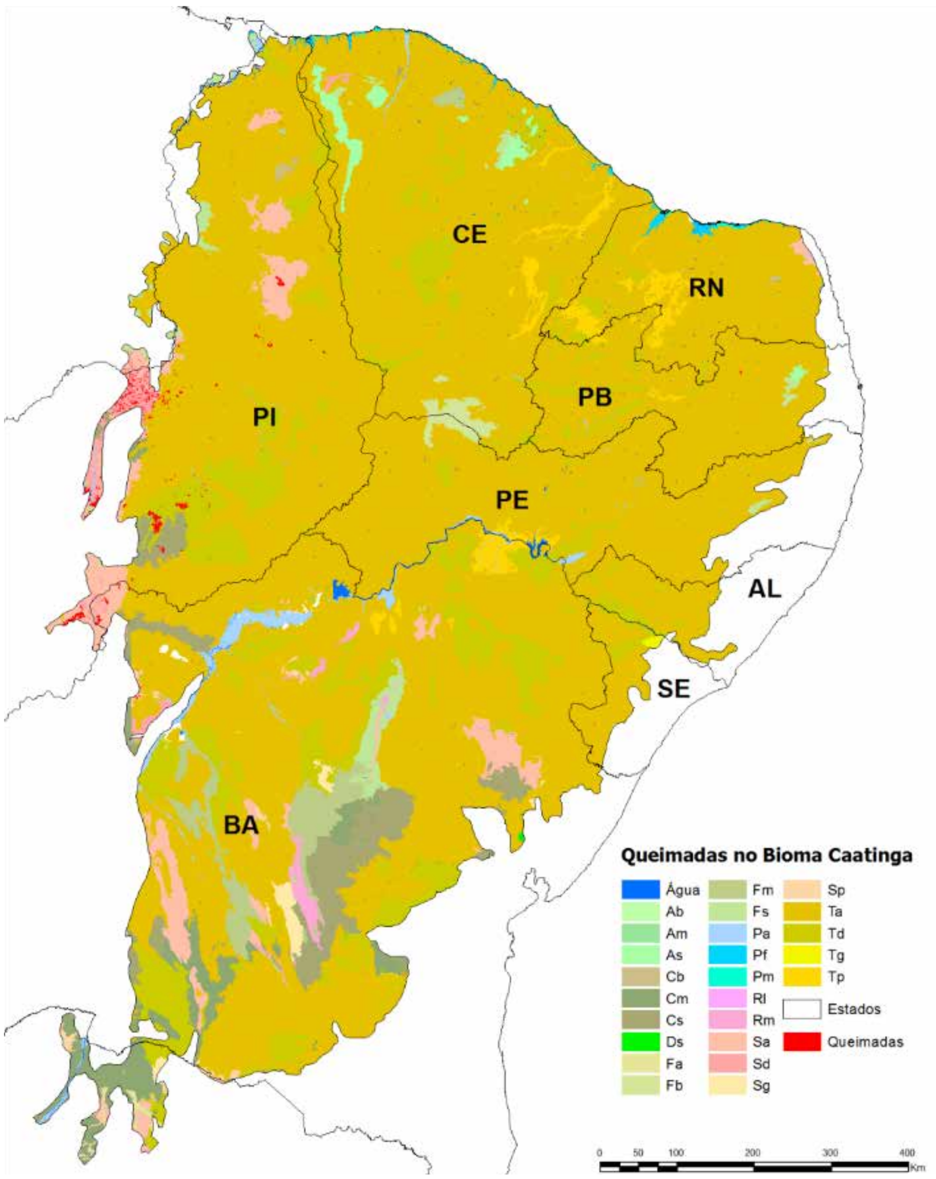


FIGURA A2.4

Quantificação de áreas queimadas por estado nos biomas Amazônia (a), Cerrado (b) e Caatinga (c) em 2010

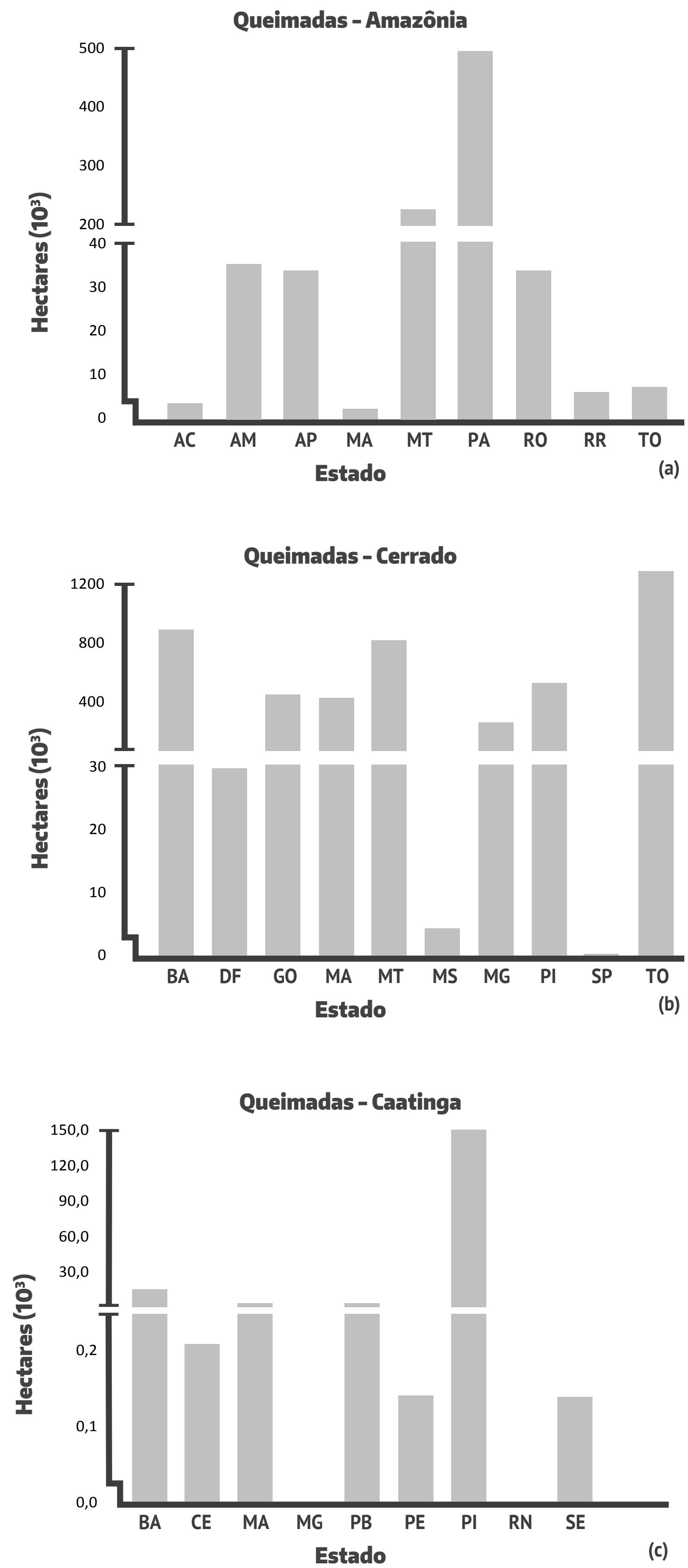


TABELA A2.1

Quantificação das áreas queimadas no bioma Amazônia

QUEIMADAS NO BIOMA AMAZÔNIA EM 2010					
ESTADO	UF	CAMPO	FLORESTA	ÁREA TOTAL	PERCENTUAL DO BIOMA
		(ha)			
Acre	AC	-	2.965,1	2.965,1	0,001%
Amazonas	AM	25.862,1	7.823,0	33.685,1	0,008%
Amapá	AP	26.003,3	6.585,4	32.588,7	0,008%
Maranhão	MA	-	1.447,1	1.447,1	0,000%
Mato Grosso	MT	67.310,8	158.739,4	226.050,2	0,054%
Pará	PA	247.229,0	241.674,1	488.903,1	0,116%
Rondônia	RO	13.897,1	18.660,5	32.557,6	0,008%
Roraima	RR	2.590,7	2.785,7	5.376,4	0,001%
Tocantins	TO	-	6.442,5	6.442,5	0,002%
TOTAL		**382.893,0**	**447.122,9**	**830.015,9**	**0,197%**

TABELA A2.2

Quantificação das áreas queimadas no bioma Cerrado em 2010

QUEIMADAS NO BIOMA CERRADO EM 2010					
ESTADO	UF	CAMPO	FLORESTA	ÁREA TOTAL	PERCENTUAL DO BIOMA
		(ha)			
Bahia	BA	232.734,2	671.010,3	903.744,5	0,443%
Distrito Federal	DF	18.509,9	10.888,5	29.398,4	0,014%
Goiás	GO	244.576,9	200.090,3	444.667,3	0,218%
Maranhão	MA	162.157,5	260.959,9	423.117,4	0,207%
Minas Gerais	MG	198.265,9	52.331,6	250.597,5	0,123%
Mato Grosso do Sul	MS	2.086,2	2.646,8	4.733,0	0,002%
Mato Grosso	MT	294.952,7	527.530,7	822.483,4	0,403%
Piauí	PI	1.707,7	526.953,4	528.661,1	0,259%
São Paulo	SP		459,1	459,1	0,000%
Tocantins	TO	719.574,5	594.109,0	1.313.683,5	0,644%
TOTAL		**1.874.565,5**	**2.846.979,7**	**4.721.545,2**	**2,315%**

TABELA A2.3

Quantificação das áreas queimadas no bioma Caatinga

QUEIMADAS NO BIOMA CAATINGA EM 2010					
ESTADO	UF	CAMPO	FLORESTA	ÁREA TOTAL	PERCENTUAL DO BIOMA
		(ha)			
Bahia	BA	4.222,3	11.650,3	15.872,5	0,019%
Ceará	CE	-	209,9	209,9	0,000%
Maranhão	MA	-	3.049,3	3.049,3	0,004%
Minas Gerais	MG	-	0,7	0,7	0,000%
Paraíba	PB	-	1.078,4	1.078,4	0,001%
Pernambuco	PE	-	141,6	141,6	0,000%
Piauí	PI	-	147.996,3	147.996,3	0,179%
Rio Grande do Norte	RN	-	0,0	0,0	0,000%
Sergipe	SE	-	138,2	138,2	0,000%
TOTAL		4.222,3	164.264,6	168.486,8	0,203%

Os valores dos fatores de combustão foram estabelecidos por grupo de fitofisionomias e bioma, privilegiando, após revisão da literatura, valores calculados nas fitofisionomias e no próprio bioma, conforme Tabelas A2.4, A2.5 e A2.6.

TABELA A2.4

Fatores de combustão de biomassa por grupo de fitofisionomias no bioma Amazônia, bioma de origem e respectivas referências bibliográficas utilizadas

GRUPO	FITOFISINOMIAS	FATOR DE COMBUSTÃO (%)	BIOMA	REFERÊNCIAS
Florestas Ombrófilas Densas	Da, Db e Ds	32,5 [1]	Amazônia	WARD et al., 1992; KAUFFMAN et al., 1995; ARAUJO et al., 1999; FEARNSIDE et al., 1993; 1999; 2001; CARVALHO JR et al., 1995; 1998; 2001
Florestas Ombrófilas Abertas	Aa, Ab, As	45,0 [1]	Amazônia	KAUFFMAN et al., 1995; GRAÇA et al., 1999
Florestas Estacionais (Deciduais e Semideciduais)	Cs, Fa, Fb, Fs	46,4 [2]	Amazônia	BALCH et al., 2008
Vegetações Pioneiras	Pa	20,1 [2]	Amazônia	ARAUJO et al., 1999
Vegetações Florestadas	Sd, Td	33,0 [2]	Cerrado	CASTRO & KAUFFMAN, 1998
Vegetações Arbóreas	Sa, La	43,5 [2]	Cerrado	CASTRO & KAUFFMAN, 1998
Vegetações Arbustivas e Parques	Sp, Tp, Lb	53,9 [2]	Cerrado	BARBOSA & FEARNSIDE, 2005
Vegetações Gramíneo-lenhosas	Sg, Tg, Lg, Rm	77,1 [2]	Cerrado	BARBOSA & FEARNSIDE, 2005

[1] Valor calculado a partir de trabalhos com corte e queima.
[2] Valor calculado a partir de trabalhos em que ocorreu somente queima.

TABELA A2.5

Fatores de combustão de biomassa por grupo de fitofisionomias no bioma Cerrado, bioma de origem e respectivas referências bibliográficas utilizadas

GRUPO	FITOFISINOMIAS	FATOR DE COMBUSTÃO (%)	BIOMA	REFERÊNCIAS
Florestas Ombrófilas Densas	Dm, Ds	32,5 [1]	Amazônia	WARD et al., 1992; KAUFFMAN et al., 1995; ARAUJO et al., 1999; FEARNSIDE et al., 1993; 1999; 2001; CARVALHO JR et al., 1995; 1998; 2001
Florestas Ombrófilas Abertas	Aa, Ab, As	45,0 [1]	Amazônia	KAUFFMAN et al., 1995; ALENCASTRO GRAÇA et al., 1999
Florestas Estacionais (Deciduais e Semideciduais)	Cm, Cs, Fa, Fb, Fs, Fm	46,4 [2]	Amazônia	BALCH et al., 2008
Vereda	Pa	18,3 [2]	Cerrado	CASTRO & KAUFFMAN, 1998
Restinga	Pm	46,4 [2]	Amazônia	BALCH et al., 2008
Vegetações Florestadas	Sd, Td	33,0 [2]	Cerrado	CASTRO & KAUFFMAN, 1998
Vegetações Arborizadas	Sa, Ta	43,5 [2]	Cerrado	CASTRO & KAUFFMAN, 1998
Vegetações Arbustivas e Parques	Sp, Tp	84,0 [2]	Cerrado	CASTRO & KAUFFMAN, 1998
Vegetações Gramíneo-lenhosas	Sg, Tg	92,0 [2]	Cerrado	CASTRO & KAUFFMAN, 1998

[1] *Valor calculado a partir de trabalhos com corte e queima.*
[2] *Valor calculado a partir de trabalhos em que ocorreu somente queima*

TABELA A2.6

Fatores de combustão de biomassa por grupo de fitofisionomias no bioma Caatinga, bioma de origem e respectivas referências bibliográficas utilizadas

GRUPO	FITOFISINOMIAS	FATOR DE COMBUSTÃO (%)	BIOMA	REFERÊNCIAS
Formações florestais	Cm, Cs, Fm, Fs, Pa, Sd, Td	33,0 [2]	Cerrado	CASTRO & KAUFFMAN, 1998
Vegetações Arborizadas	Sa, Ta	43,5 [2]	Cerrado	CASTRO & KAUFFMAN, 1998
Vegetação Parque	Sp	84,0 [2]	Cerrado	CASTRO & KAUFFMAN, 1998

[1] *Valor calculado a partir de trabalhos com corte e queima.*
[2] *Valor calculado a partir de trabalhos em que ocorreu somente queima.*

As Tabelas A2.7, A2.8 e A2.9 apresentam as áreas queimadas nas diferentes fitofisionomias por estrutura (campo e floresta) e bioma (Amazônia, Cerrado e Caatinga), os respectivos fatores de combustão e o valor de biomassa (acima do solo com matéria orgânica morta, incluindo madeira morta e serapilheira), ao qual foi aplicado o fator de combustão.

TABELA A2.7
Áreas queimadas não associadas a desmatamentos por fitofisionomia do bioma Amazônia em 2010

ESTRUTURA	FITOFISIONOMIA	ÁREA QUEIMADA (ha)	BIOMASSA ACIMA DO SOLO (t /ha)	FATOR DE COMBUSTÃO
Campo	Lb	108,4	15,91	0,539
	Lg	233,4	7,65	0,771
	Rm	156,6	3,10	0,771
	Sg	80.946,3	3,28	0,771
	Sp	300.566,8	8,04	0,539
	Tg	18,7	2,83	0,771
	Tp	672,2	6,12	0,539
Floresta	Aa	720,6	361,91	0,450
	Ab	9.325,6	323,96	0,450
	As	54.883,1	290,12	0,450
	Cs	2.941,5	241,89	0,464
	Da	7.736,2	382,70	0,325
	Db	98.457,9	337,12	0,325
	Ds	103.050,5	336,15	0,325
	Fa	4.126,2	236,40	0,464
	Fb	384,7	258,00	0,464
	Fs	32.696,5	240,99	0,464
	La	151,3	17,50	0,435
	Pa	72.469,1	264,61	0,201
	Pf	0,5	185,97	0,201
	Sa	52.590,7	36,78	0,435
	Sd	7.279,5	90,30	0,330
	Td	183,0	29,00	0,330
TOTAL		**829.699,1**		

TABELA A2.8

Áreas queimadas não associadas a desmatamento por fitofisionomia do bioma Cerrado em 2010

ESTRUTURA	FITOFISIONOMIA	ÁREA QUEIMADA (ha)	BIOMASSA ACIMA DO SOLO (t /ha)	FATOR DE COMBUSTÃO
Campo	Sg	351.533,3	9,83	0,920
	Sp	1.520.948,4	19,68	0,840
	Tg	1.690,2	2,83	0,920
	Tp	393,6	6,12	0,840
Floresta	Aa	691,5	361,91	0,450
	Ab	1.183,7	323,96	0,450
	As	1.528,3	172,46	0,450
	Cm	14.670,3	172,11	0,464
	Cs	94.157,1	172,11	0,464
	Dm	1,7	318,02	0,325
	Ds	208,9	198,00	0,325
	Fa	82.742,7	188,79	0,464
	Fb	3.151,3	206,36	0,464
	Fm	6.355,8	193,10	0,464
	Fs	66.842,2	127,35	0,464
	Pa	4.934,2	61,60	0,183
	Pm	1.296,3	216,56	0,464
	Sa	1.875.647,4	36,78	0,435
	Sd	654.178,1	124,58	0,330
	Ta	39.359,2	25,10	0,435
	Td	31,0	46,70	0,330
Total		**4.786.487,0**		

TABELA A2.9

Áreas queimadas não associadas a desmatamentos por fitofisionomia do bioma Caatinga em 2010

ESTRUTURA	FITOFISIONOMIA	ÁREA QUEIMADA (ha)	BIOMASSA ACIMA DO SOLO (t /ha)	FATOR DE COMBUSTÃO
Campo	Sp	4.222,3	10,81	0,840
Floresta	Cm	662,5	115,32	0,330
	Cs	8.922,3	115,32	0,330
	Fm	0,2	99,98	0,330
	Fs	2.439,2	99,98	0,330
	Pa	33,6	120,96	0,330
	Sa	35.483,8	36,78	0,435
	Sd	57.062,1	90,30	0,330
	Ta	31.467,5	25,10	0,435
	Td	28.193,4	46,70	0,330
Total		**168.486,8**		

Com os valores de área queimada, biomassa acima do solo e fator de combustão, pode-se estimar a quantidade de matéria seca queimada em cada uma das fisionomias dos biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga. Em seguida, com os fatores de emissão apresentados na Tabela 3.113 do Inventário Nacional, baseada nos Guidelines IPCC 2006, podem-se obter as emissões de gases de efeito estufa correspondentes a essas queimadas. A Tabela A2.10 apresenta as estimativas das emissões referentes às queimadas não associadas a desmatamentos em 2010.

TABELA A2.10

Emissões referentes às queimadas não associadas a desmatamentos, em 2010

BIOMA	CO_2	CO	CH_4	N_2O	NO_X
	Gg				
Amazônia	67.249	4.426,5	289,4	8,51	68,1
Cerrado	172.632	6.956,6	246,2	22,48	417,4
Caatinga	5.696	229,5	8,1	0,74	13,8

Os resultados referentes às emissões oriundas de queimadas não associadas a desmatamentos não foram incorporados ao presente inventário, pelos motivos descritos a seguir:

>> Em relação às emissões de CO_2, a recuperação da biomassa após a queima ocorre nos próximos anos, dependente da capacidade de regeneração das diferentes formações vegetais, uma vez que não estão associadas a desmatamentos. O acompanhamento da regeneração das áreas é que poderá determinar se as remoções futuras serão equivalentes às emissões por queima, uma vez que queimadas frequentes podem reduzir a resiliência da vegetação.

- >> Em relação às emissões dos demais gases que não são removidos com a regeneração da vegetação, não foi possível considerá-las uma vez que ainda não houve a mesma quantificação para os anos anteriores, nem foi identificada uma correlação para um cálculo aproximado.
- >> Adicionalmente, ainda não foi possível avaliar a trajetória sucessional ou de transição de uso nas áreas queimadas ao longo da série histórica para garantir consistência temporal da série de inventários nacionais referente a esse tipo de emissões.

Tais aspectos ainda demandam melhorias metodológicas para avaliar o impacto de queimadas não associadas a desmatamento na contabilidade emissões de gases de efeito estufa. A presente análise é mais um passo para a compreensão da ocorrência de queimadas não associadas a desmatamentos e a incorporação das correspondentes emissões de gases não CO_2 ao inventário, em suas próximas edições. É importante relembrar que as emissões relativas a queimadas associadas a desmatamentos estão incorporadas neste inventário (item 3.5.2.8).





APÊNDICE III

ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA POR GÁS E SETOR, DE 1990 A 2010

CO_2

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Energia	169.985	175.607	179.327	185.010	193.669	209.124	225.121	239.744
Queima de Combustíveis Fósseis	162.431	168.246	171.882	177.434	185.665	201.610	217.300	231.140
Subsetor Energético	21.271	20.860	22.802	22.866	23.841	25.281	27.799	31.218
Subsetor Industrial	35.558	37.042	37.612	38.308	39.443	43.068	48.127	51.129
Indústria Siderúrgica	4.436	4.606	4.905	5.154	5.423	5.388	5.352	5.201
Indústria Química	8.606	8.811	9.080	8.578	9.114	10.057	11.493	13.352
Outras Indústrias	22.516	23.625	23.627	24.576	24.906	27.623	31.282	32.576
Subsetor Transporte	79.338	83.405	83.708	86.899	91.283	100.457	107.864	114.496
Transporte Aéreo	4.232	4.606	3.854	4.180	4.446	4.732	4.509	5.324
Transporte Rodoviário	70.094	73.931	74.786	77.159	82.058	90.916	97.772	105.030
Outros Meios de Transporte	5.012	4.868	5.068	5.560	4.779	4.809	5.583	4.142
Subsetor Residencial	13.842	14.220	14.717	15.257	15.239	15.942	16.598	16.619
Subsetor Agricultura	9.846	10.272	10.569	11.676	12.332	13.222	13.803	14.342
Outros Setores	2.576	2.447	2.474	2.428	3.527	3.640	3.109	3.336
Emissões Fugitivas	7.554	7.361	7.445	7.576	8.004	7.514	7.821	8.604
Mineração de Carvão	1.353	1.316	1.200	1.247	1.348	920	654	902
Extração e Transporte de Petróleo e Gás Natural	6.201	6.045	6.245	6.329	6.656	6.594	7.167	7.702
Processos Industriais	43.551	49.037	47.440	50.742	51.516	54.643	58.317	61.125
Produção de Cimento	11.062	11.776	9.770	10.164	10.086	11.528	13.884	15.267
Produção de Cal	3.688	3.755	3.948	4.241	4.098	4.104	4.248	4.338
Produção de Amônia	1.683	1.478	1.516	1.684	1.689	1.785	1.754	1.829
Produção de Ferro-gusa e Aço	21.601	26.118	26.417	28.206	29.392	30.130	30.866	32.521
Produção de Ferroligas	116	119	197	191	178	215	237	171
Produção de Não-Ferrosos exceto Aluminio	897	857	803	1.518	1.279	1.762	2.197	1.466
Produção de Alumínio	1.574	1.901	2.011	1.946	1.955	1.965	1.981	1.975
Outras Indústrias	2.930	3.033	2.778	2.792	2.839	3.154	3.150	3.558
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	756.970	616.425	761.554	821.046	821.387	1.837.508	1.191.467	898.942
Mudança no Uso da Terra	751.867	611.706	754.774	812.396	812.396	1.832.113	1.184.596	891.436

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
		Gg											
	249.209	260.751	267.646	276.893	273.412	268.111	282.581	290.621	295.611	308.967	327.452	315.649	347.974
	239.746	250.628	256.909	265.172	262.194	256.912	271.741	276.744	282.729	295.498	313.245	297.215	332.760
	32.223	39.123	40.484	44.837	39.776	39.449	45.372	47.343	47.967	47.494	58.186	47.616	58.857
	51.874	55.314	59.008	58.128	58.426	56.218	56.999	60.019	60.817	66.790	66.810	63.657	68.306
	4.594	4.302	4.657	4.510	4.759	4.891	4.975	5.526	5.491	6.012	5.811	4.543	5.642
	12.343	13.551	13.942	13.930	14.161	13.508	14.353	14.624	14.880	15.598	14.283	14.446	13.847
	34.937	37.461	40.409	39.688	39.506	37.819	37.671	39.869	40.446	45.180	46.716	44.668	48.817
	121.389	120.217	121.748	124.867	127.290	126.675	134.513	135.182	139.533	145.186	150.798	149.354	168.364
	5.857	6.017	6.206	6.626	6.677	5.871	6.193	6.316	6.563	7.220	7.325	8.330	9.751
	111.067	109.634	111.337	113.548	115.889	116.036	123.083	123.519	127.773	131.881	136.931	134.781	151.481
	4.465	4.566	4.205	4.693	4.724	4.768	5.237	5.347	5.197	6.085	6.542	6.243	7.132
	16.760	17.095	17.179	17.247	16.675	15.532	15.863	15.591	15.616	16.123	16.530	16.738	17.249
	13.824	14.496	14.152	15.579	15.207	15.291	15.075	14.964	15.162	16.096	17.473	16.785	17.346
	3.676	4.383	4.338	4.514	4.820	3.747	3.919	3.645	3.634	3.809	3.448	3.065	2.638
	9.463	10.123	10.737	11.721	11.218	11.199	10.840	13.877	12.882	13.469	14.207	18.434	15.214
	1.004	1.150	1.291	1.936	1.151	1.208	1.429	1.381	1.246	1.510	1.658	1.758	1.846
	8.459	8.973	9.446	9.785	10.067	9.991	9.411	12.496	11.636	11.959	12.549	16.676	13.368
	62.611	61.714	65.991	63.423	66.195	67.056	69.452	68.016	67.476	73.561	75.910	66.738	80.786
	16.175	16.439	16.047	15.227	14.390	13.096	13.273	14.349	15.440	17.200	18.884	19.031	21.288
	4.141	4.352	5.008	4.811	4.956	5.064	5.505	5.356	5.410	5.666	5.690	5.060	5.950
	1.718	1.943	1.663	1.396	1.567	1.690	1.934	1.922	1.968	1.866	1.811	1.576	1.739
	33.319	31.680	35.552	34.845	37.516	38.683	39.805	37.509	36.051	39.422	39.825	31.690	38.360
	562	482	545	608	573	937	938	932	942	1.080	1.142	1.018	1.195
	1.201	1.319	1.606	1.431	1.582	1.724	1.788	1.855	1.901	2.112	1.813	1.914	4.332
	2.007	2.079	2.116	1.879	2.176	2.198	2.408	2.472	2.646	2.739	2.753	2.544	2.543
	3.488	3.420	3.454	3.226	3.435	3.664	3.801	3.621	3.118	3.476	3.992	3.905	5.379
	1.145.470	1.137.736	1.197.175	1.192.787	1.401.764	2.311.652	2.501.327	1.797.842	1.399.630	1.193.617	1.294.043	379.257	310.736
	1.138.370	1.131.002	1.188.458	1.184.833	1.391.958	2.300.008	2.489.746	1.790.368	1.392.216	1.183.866	1.283.495	370.862	300.312

continua na próxima página

(CO_2 continuação)

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Bioma Amazônia	437.574	297.413	440.481	498.103	498.103	1.459.071	811.554	518.394
Bioma Cerrado	241.511	241.511	241.511	241.511	241.511	212.958	212.958	212.958
Outros Biomas	72.782	72.782	72.782	72.782	72.782	160.084	160.084	160.084
Aplicação de Calcário nos solos	5.103	4.719	6.780	8.650	8.991	5.395	6.871	7.506
Tratamento de resíduos	19,0	31,0	54,0	61,0	66,0	78,0	78,0	78,0
TOTAL	**970.525**	**841.100**	**988.375**	**1.056.859**	**1.066.638**	**2.101.353**	**1.474.983**	**1.199.889**
Apenas para informação								
Bunker fuels	6.086	5.584	6.239	6.914	7.298	8.667	10.077	10.835
Transporte aéreo	4.366	3.147	3.610	3.619	3.539	4.520	5.541	5.911
Transporte marítimo	1.720	2.437	2.629	3.295	3.759	4.147	4.536	4.924
Emissões de CO_2 da biomassa	165.792	166.171	165.294	163.296	173.888	168.791	171.036	177.229

CH_4

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Energia	545,8	548,5	535,5	499,2	494,7	473,6	464,3	479,7
Queima de Combustíveis Fósseis	455,3	454,0	450,5	410,5	408,9	388,1	389,0	393,6
Subsetor Energético	25,5	24,6	23,0	23,3	24,4	23,1	22,5	23,4
Subsetor Industrial	15,7	14,8	15,3	15,5	17,7	18,1	19,2	19,3
Indústria Siderúrgica	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Outras Indústrias	15,5	14,6	15,1	15,3	17,5	17,9	19,0	19,1
Subsetor Transporte	72,6	76,3	76,4	76,7	80,3	85,8	91,4	92,2
Subsetor Residencial	318,4	316,8	316,9	277,4	269,4	243,7	238,6	241,5
Outros Setores	23,1	21,5	18,9	17,6	17,1	17,4	17,3	17,2
Emissões Fugitivas	90,5	94,5	85,0	88,7	85,8	85,5	75,3	86,1
Mineração de Carvão	49,7	54,3	44,2	47,0	42,4	41,1	25,5	32,6
Extração e Transporte de Petróleo e Gás Natural	40,8	40,2	40,8	41,7	43,4	44,4	49,8	53,5

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Gg												
	765.328	757.960	815.416	811.791	1.018.916	1.638.185	1.827.923	1.128.545	738.993	530.643	630.272	199.576	162.888
	212.958	212.958	212.958	212.958	212.958	282.275	282.275	282.275	282.275	282.275	282.275	92.617	58.755
	160.084	160.084	160.084	160.084	160.084	379.548	379.548	379.548	370.948	370.948	370.948	78.669	78.669
	7.100	6.734	8.717	7.954	9.806	11.644	11.581	7.474	7.414	9.751	10.548	8.395	10.424
	84,0	88,0	95,0	95,0	99,0	117,0	120,0	128,0	136,0	155,0	159,0	168,0	175,0
	1.457.374	**1.460.289**	**1.530.907**	**1.533.198**	**1.741.470**	**2.646.936**	**2.853.480**	**2.156.607**	**1.762.853**	**1.576.300**	**1.697.564**	**761.812**	**739.671**
	12.105	13.881	13.639	15.545	15.823	14.094	14.362	14.766	15.150	16.347	19.998	15.461	18.550
	6.621	5.397	4.626	5.388	4.381	4.035	4.303	4.707	4.543	4.936	5.675	5.167	5.784
	5.484	8.484	9.013	10.157	11.442	10.059	10.059	10.059	10.607	11.411	14.323	10.294	12.766
	177.266	180.876	166.435	174.763	190.568	207.531	219.888	228.285	242.166	263.098	285.428	281.666	303.170

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Gg												
	488,1	498,6	511,8	542,9	571,9	568,7	605,2	684,8	647,9	634,6	639,4	686,3	629,1
	393,9	396,4	392,8	403,7	440,1	460,9	471,4	478,6	478,6	465,4	466,5	446,3	448,2
	21,1	21,4	20,7	20,7	22,2	25,8	28,4	29,2	29,9	32,6	36,7	30,3	34,5
	20,5	21,9	19,9	22,1	23,9	26,0	28,0	28,4	31,7	33,1	32,9	31,9	34,4
	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
	20,4	21,7	19,7	21,9	23,7	25,8	27,8	28,2	31,5	32,9	32,7	31,7	34,1
	88,7	81,9	75,6	73,1	73,2	74,6	75,3	74,4	68,5	68,1	67,9	62,3	66,9
	247,2	255,3	261,5	272,8	304,9	316,7	321,1	327,6	329,0	311,1	307,1	300,8	290,1
	16,4	15,9	15,1	15,0	15,9	17,8	18,6	19,0	19,5	20,5	21,9	21,0	22,3
	94,2	102,2	119,0	139,2	131,8	107,8	133,8	206,2	169,3	169,2	172,9	240,0	180,9
	33,0	34,0	43,3	60,0	44,0	41,0	48,0	49,1	48,3	54,9	58,6	52,3	39,2
	61,2	68,2	75,7	79,2	87,8	66,8	85,8	157,1	121,0	114,3	114,3	187,7	141,7

continua na próxima página

(CH_4 continuação)

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Processos Industriais	47,1	42,1	39,6	43,0	44,2	41,2	37,9	38,2
Indústria Química	5,2	5,2	5,4	6,0	6,6	6,6	6,6	7,4
Produção de Metais	41,9	36,9	34,2	37,0	37,6	34,6	31,3	30,8
Agropecuária	9.185,6	9.474,1	9.639,0	9.681,3	9.865,1	10.058,2	9.742,2	9.887,9
Fermentação Entérica	8.223,9	8.470,3	8.596,8	8.625,8	8.786,7	8.957,1	8.738,7	8.899,2
Gado Bovino	7.808,9	8.049,5	8.175,2	8.218,7	8.370,5	8.534,3	8.413,3	8.572,9
Gado de Leite	1.197,7	1.245,1	1.279,3	1.258,3	1.262,8	1.297,1	1.081,0	1.123,9
Gado de Corte	6.611,2	6.804,4	6.895,9	6.960,4	7.107,7	7.237,2	7.332,3	7.449,0
Outros Animais	415,0	420,8	421,6	407,1	416,2	422,8	325,4	326,3
Manejo de Dejetos de Animais	421,6	435,5	443,0	447,1	457,9	471,6	431,0	442,3
Gado Bovino	191,2	197,6	200,4	201,2	204,6	208,7	200,3	204,7
Gado de Leite	35,9	37,5	38,4	37,7	37,6	38,5	31,1	32,6
Gado de Corte	155,3	160,1	162,0	163,5	167,0	170,2	169,2	172,1
Suínos	159,5	161,8	161,9	164,4	169,4	173,7	146,4	149,1
Aves	48,4	53,3	57,8	59,2	61,3	66,3	65,9	69,9
Outros Animais	22,5	22,8	22,9	22,3	22,6	22,9	18,4	18,6
Cultura de Arroz	433,6	462,9	490,8	511,9	505,8	510,8	456,0	430,3
Queima de Resíduos Agrícolas	106,5	105,4	108,4	96,5	114,7	118,7	116,5	116,1
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	1.041,5	959,3	1.153,3	1.222,4	1.213,2	2.895,7	2.016,2	1.657,1
Tratamento de Resíduos	1.173,7	1.219,9	1.270,4	1.314,2	1.361,2	1.418,7	1.470,6	1.530,0
Resíduos Sólidos	824,4	852,2	882,2	910,2	938,7	965,3	994,4	1.025,4
Efluentes	349,3	367,7	388,2	404,0	422,5	453,4	476,2	504,6
Industrial	82,6	94,0	107,8	116,4	126,9	149,1	162,3	178,0
Doméstico	266,7	273,7	280,4	287,6	295,6	304,3	313,9	326,6
TOTAL	**11.993,7**	**12.243,9**	**12.637,8**	**12.760,1**	**12.978,4**	**14.887,4**	**13.731,2**	**13.592,9**
Apenas para informação								
Bunker fuels	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Transporte aéreo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Transporte marítimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1

1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Gg												
36,0	40,0	43,7	40,0	41,4	47,9	55,5	54,9	56,5	58,4	56,5	39,2	45,3
7,9	8,3	9,0	8,6	8,3	8,9	9,3	9,4	12,4	12,7	11,5	11,9	11,8
28,1	31,7	34,7	31,4	33,1	39,0	46,2	45,5	44,1	45,7	45,0	27,3	33,5
9.963,9	10.111,9	10.382,3	10.757,6	11.121,3	11.666,8	12.195,7	12.357,7	12.293,0	11.707,1	11.955,4	12.166,2	12.415,6
8.979,5	9.057,6	9.349,5	9.713,3	10.050,1	10.574,9	11.049,3	11.213,8	11.162,0	10.573,0	10.730,3	10.908,0	11.158,0
8.650,5	8.722,2	9.005,8	9.368,0	9.708,9	10.228,3	10.698,6	10.855,7	10.801,9	10.220,4	10.376,3	10.555,6	10.798,4
1.136,7	1.143,1	1.177,9	1.206,7	1.236,6	1.268,8	1.320,5	1.371,4	1.396,3	1.296,8	1.331,4	1.384,6	1.424,0
7.513,8	7.579,1	7.827,9	8.161,3	8.472,3	8.959,5	9.378,1	9.484,3	9.405,6	8.923,6	9.044,9	9.171,0	9.374,4
329,0	335,4	343,7	345,3	341,2	346,6	350,7	358,1	360,1	352,6	354,0	352,4	359,6
448,8	461,1	479,7	500,5	500,6	519,6	533,0	543,9	545,6	558,0	575,4	593,3	608,1
207,0	209,0	215,9	224,4	223,6	235,9	248,5	254,0	252,9	245,3	249,0	253,4	258,7
33,0	33,2	34,1	34,7	35,5	36,4	38,5	39,7	40,4	40,6	41,5	43,1	44,0
174,0	175,8	181,8	189,7	188,1	199,5	210,0	214,3	212,5	204,7	207,5	210,3	214,7
152,2	158,6	166,5	174,5	176,7	180,5	178,4	178,7	179,8	188,5	196,0	207,2	214,9
70,9	74,6	78,1	82,4	81,2	83,8	86,6	91,5	93,2	104,9	111,2	113,7	115,3
18,7	18,9	19,2	19,2	19,1	19,4	19,5	19,7	19,7	19,3	19,2	19,0	19,2
416,2	479,9	448,1	431,7	451,4	440,6	477,3	463,7	438,8	423,5	474,2	486,0	464,2
119,4	113,3	105,0	112,1	119,2	131,7	136,1	136,3	146,6	152,6	175,5	178,9	185,3
1.984,3	1.979,1	2.048,8	2.048,4	2.321,9	3.898,7	4.148,9	3.237,9	2.565,3	2.324,4	2.441,7	1.221,3	1.135,5
1.587,1	1.683,8	1.754,2	1.799,4	1.887,2	2.002,2	2.018,4	2.062,0	2.178,8	2.241,7	2.277,4	2.336,0	2.462,7
1.053,3	1.111,9	1.149,4	1.177,4	1.219,5	1.288,5	1.243,3	1.237,1	1.310,3	1.301,0	1.266,4	1.257,8	1.327,0
533,8	571,9	604,8	622,0	667,7	713,7	775,1	824,9	868,5	940,7	1.011,0	1.078,2	1.135,7
193,3	216,4	233,1	238,0	271,1	304,2	352,2	388,3	417,8	475,6	530,4	581,7	622,9
340,5	355,5	371,7	384,0	396,6	409,5	422,9	436,6	450,7	465,1	480,6	496,5	512,8
14.059,4	**14.313,4**	**14.740,8**	**15.188,3**	**15.943,7**	**18.184,3**	**19.023,7**	**18.397,3**	**17.741,5**	**16.966,2**	**17.370,4**	**16.449,0**	**16.688,2**
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2

N_2O

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Energia	14,08	14,11	14,00	13,91	14,53	15,03	15,98	17,31
Queima de Combustíveis	14,02	14,06	13,94	13,85	14,47	14,97	15,91	17,24
Subsetor Industrial	2,54	2,53	2,59	2,65	2,97	2,97	3,02	3,16
Subsetor Transportes	3,75	3,91	3,93	4,05	4,28	5,14	6,09	7,07
Outros Setores	7,73	7,62	7,42	7,15	7,22	6,86	6,80	7,01
Emissões Fugitivas	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07
Processos Industriais	11,83	14,56	13,60	17,28	17,47	18,57	14,68	13,20
Indústria Química	10,69	13,46	12,55	16,14	16,31	17,45	13,62	12,12
Produção de Ácido Nítrico	1,81	1,93	1,89	2,00	2,01	2,05	2,07	2,12
Produção de Ácido Adípico	8,63	11,25	10,41	13,84	13,99	15,08	11,22	9,66
Outras Produções	0,25	0,28	0,25	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34
Produção de Metais	1,14	1,10	1,05	1,14	1,16	1,12	1,06	1,08
Agropecuária	303,54	311,30	320,00	323,49	334,67	340,16	318,98	329,47
Manejo de Dejetos de Animais	10,03	10,58	10,93	10,92	11,21	11,49	10,62	10,89
Gado Bovino	2,90	2,96	3,00	3,01	3,04	3,07	2,83	2,89
Suínos	2,43	2,48	2,49	2,43	2,48	2,54	1,95	1,97
Aves	4,40	4,83	5,13	5,18	5,39	5,58	5,60	5,79
Outros Animais	0,30	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,24	0,24
Solos Agrícolas	290,75	297,99	306,26	310,07	320,49	325,59	305,34	315,57
Emissões Diretas	184,07	188,19	193,71	195,06	201,60	205,28	191,67	198,00
Animais em Pastagem	129,73	133,73	135,65	135,36	137,50	140,20	130,03	132,95
Fertilizantes Sintéticos	9,81	9,79	10,94	12,52	14,74	14,27	14,98	16,23
Dejetos de Animais + vinhaça	14,90	15,31	15,77	15,64	15,87	16,40	14,76	15,30
Resíduos Agrícolas	15,32	14,99	16,92	17,05	18,94	19,80	17,23	18,79
Solos Orgânicos	14,31	14,37	14,43	14,49	14,55	14,61	14,67	14,73
Emissões Indiretas	106,68	109,80	112,55	115,01	118,89	120,31	113,67	117,57
Queima de Resíduos Agrícolas	2,76	2,73	2,81	2,50	2,97	3,08	3,02	3,01

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Gg												
	18,24	18,91	18,99	20,04	21,39	22,74	24,13	24,96	25,53	27,02	28,77	28,29	31,97
	18,16	18,82	18,88	19,93	21,27	22,62	24,02	24,75	25,37	26,87	28,60	28,00	31,76
	3,44	3,61	3,34	3,62	3,83	4,08	4,34	4,43	4,91	5,20	5,20	5,28	5,73
	7,98	8,31	8,67	9,23	9,85	10,34	11,02	11,46	11,46	12,42	13,42	13,83	16,47
	6,74	6,90	6,87	7,08	7,59	8,20	8,66	8,86	9,00	9,25	9,98	8,89	9,56
	0,08	0,09	0,11	0,11	0,12	0,12	0,11	0,21	0,16	0,15	0,17	0,29	0,21
	20,09	20,06	21,14	17,36	21,48	19,95	27,48	24,27	26,17	4,41	3,75	2,01	2,15
	19,07	18,98	19,94	16,25	20,29	18,62	25,99	22,83	24,78	2,94	2,28	1,01	0,93
	2,06	2,06	2,09	2,06	2,14	2,14	2,21	2,24	2,20	2,07	1,58	0,79	0,80
	16,75	16,62	17,51	13,90	17,80	16,19	23,48	20,29	22,31	0,57	0,37	0,14	0,13
	0,26	0,30	0,34	0,29	0,35	0,29	0,30	0,30	0,27	0,30	0,33	0,08	0,00
	1,02	1,08	1,20	1,11	1,19	1,33	1,49	1,44	1,39	1,47	1,47	1,00	1,22
	337,23	339,71	355,93	366,75	382,26	412,38	419,86	428,97	433,03	445,43	448,06	453,87	472,08
	10,87	11,16	11,49	11,88	11,80	12,16	11,29	12,82	12,93	13,70	14,31	14,65	14,83
	2,92	2,93	2,98	3,05	3,13	3,22	2,13	3,29	3,29	3,27	3,33	3,40	3,46
	1,99	2,04	2,06	2,11	2,03	2,04	2,13	2,17	2,20	2,22	2,24	2,30	2,35
	5,72	5,95	6,20	6,47	6,40	6,65	6,78	7,11	7,19	7,97	8,50	8,71	8,78
	0,24	0,24	0,25	0,25	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24
	323,27	325,61	341,72	351,96	367,37	396,81	405,04	412,62	416,30	427,77	429,20	434,58	452,45
	202,19	204,21	213,85	221,03	230,01	247,99	253,43	257,09	259,54	266,16	269,13	271,45	282,31
	134,44	135,85	140,12	144,62	150,82	158,19	164,86	167,45	166,82	162,37	164,36	166,83	170,24
	18,06	17,16	21,28	20,70	23,09	27,95	28,31	27,51	28,83	34,64	31,33	32,11	35,74
	15,56	15,65	15,88	16,00	16,12	16,64	15,44	17,81	18,14	18,94	20,15	21,30	21,33
	19,34	20,70	21,66	24,74	24,95	30,12	29,67	29,11	30,48	34,88	37,90	35,76	39,49
	14,79	14,85	14,91	14,97	15,03	15,09	15,15	15,21	15,27	15,33	15,39	15,45	15,51
	121,08	121,40	127,87	130,93	137,36	148,82	151,61	155,53	156,76	161,61	160,07	163,13	170,14
	3,09	2,94	2,72	2,91	3,09	3,41	3,53	3,53	3,80	3,96	4,55	4,64	4,80

continua na próxima página

(N_2O continuação)

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	42,56	41,18	47,09	49,08	48,71	106,98	80,69	70,31
Tratamento de Resíduos	4,32	4,43	4,53	4,63	4,73	4,83	4,93	5,12
TOTAL	**376,33**	**385,58**	**399,22**	**408,39**	**420,11**	**485,57**	**435,26**	**435,41**
Apenas para informação								
Bunker fuels	0,13	0,11	0,12	0,13	0,13	0,16	0,19	0,20
Transporte aéreo	0,12	0,09	0,10	0,10	0,10	0,13	0,15	0,16
Transporte marítimo	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04

HFC-23

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Produção de HCFC-22	0,1202	0,1375	0,1636	0,1723	0,1566	0,1530	0,0890	0,0953
TOTAL	**0,1202**	**0,1375**	**0,1636**	**0,1723**	**0,1566**	**0,1530**	**0,0890**	**0,0953**

HFC-32_POT

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Uso de HFCs, PFCs e SF_6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
TOTAL	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**

HFC-125_POT

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Uso de HFCs, PFCs e SF_6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
TOTAL	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
		Gg											
	80,06	79,95	81,96	81,99	90,07	144,95	152,41	125,25	105,16	97,90	101,45	51,66	47,08
	5,33	5,54	5,68	5,79	6,08	6,38	6,49	6,61	6,72	6,83	6,96	7,08	7,21
	460,95	**464,17**	**483,70**	**491,93**	**521,28**	**606,40**	**630,37**	**610,06**	**596,61**	**581,59**	**588,99**	**542,91**	**560,49**
	0,22	0,22	0,20	0,23	0,22	0,20	0,20	0,21	0,21	0,23	0,27	0,23	0,27
	0,18	0,15	0,13	0,15	0,13	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,16	0,15	0,17
	0,04	0,07	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,11	0,08	0,10

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
		Gg											
	0,0130	0,0972	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	0,0130	**0,0972**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
		Gg											
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0718	0,0420	0,0872	0,1059
	0,0000	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0718**	**0,0420**	**0,0872**	**0,1059**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
		Gg											
	0,0000	0,0000	0,0071	0,0392	0,0508	0,0548	0,1207	0,1249	0,2517	0,2850	0,3021	0,3587	0,5012
	0,0000	**0,0000**	**0,0071**	**0,0392**	**0,0508**	**0,0548**	**0,1207**	**0,1249**	**0,2517**	**0,2850**	**0,3021**	**0,3587**	**0,5012**

HFC-134A

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Uso de HFCs, PFCs e SF_6	0,0004	0,0009	0,0042	0,0080	0,0685	0,0028	0,0471	0,1641
TOTAL	**0,0004**	**0,0009**	**0,0042**	**0,0080**	**0,0685**	**0,0028**	**0,0471**	**0,1641**

HFC-143A_POT

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Uso de HFCs, PFCs e SF_6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
TOTAL	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**

HFC-152A_POT

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Uso de HFCs, PFCs e SF_6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
TOTAL	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**

CF_4

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Produção de alumínio	0,3022	0,3365	0,3565	0,3348	0,3231	0,3060	0,2976	0,2027
TOTAL	**0,3022**	**0,3365**	**0,3565**	**0,3348**	**0,3231**	**0,3060**	**0,2976**	**0,2027**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Gg												
	0,2804	0,3803	0,4988	0,6310	0,7691	0,9056	1,0533	1,2279	1,4488	1,7220	2,0187	2,3359	2,7196
	0,2804	**0,3803**	**0,4988**	**0,6310**	**0,7691**	**0,9056**	**1,0533**	**1,2279**	**1,4488**	**1,7220**	**2,0187**	**2,3359**	**2,7196**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Gg												
	0,0000	0,0000	0,0075	0,0271	0,0398	0,0500	0,1037	0,0929	0,2157	0,2520	0,3074	0,3209	0,4671
	0,0000	**0,0000**	**0,0075**	**0,0271**	**0,0398**	**0,0500**	**0,1037**	**0,0929**	**0,2157**	**0,2520**	**0,3074**	**0,3209**	**0,4671**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Gg												
	0,0000	0,0000	0,0001	0,0295	0,0081	0,0238	0,0543	0,1748	0,2800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	0,0000	**0,0000**	**0,0001**	**0,0295**	**0,0081**	**0,0238**	**0,0543**	**0,1748**	**0,2800**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**	**0,0000**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Gg												
	0,2276	0,2013	0,1465	0,1147	0,1351	0,1362	0,1241	0,1239	0,1219	0,1174	0,1145	0,0823	0,0767
	0,2276	**0,2013**	**0,1465**	**0,1147**	**0,1351**	**0,1362**	**0,1241**	**0,1239**	**0,1219**	**0,1174**	**0,1145**	**0,0823**	**0,0767**

C_2F_6

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
Produção de alumínio	0,0263	0,0290	0,0311	0,0290	0,0279	0,0264	0,0261	0,0157	
TOTAL	0,0263	0,0290	0,0311	0,0290	0,0279	0,0264	0,0261	0,0157	

SF_6

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
Produção de magnésio	0,0058	0,0058	0,0070	0,0101	0,0099	0,0101	0,0097	0,0127	
Uso de HFCs, PFCs e SF_6	0,0042	0,0040	0,0040	0,0040	0,0041	0,0041	0,0041	0,0042	
TOTAL	0,0100	0,0098	0,0110	0,0141	0,0140	0,0142	0,0138	0,0169	

CO

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
Energia	9.592,6	9.695,5	9.470,6	9.380,3	9.632,1	9.636,3	9.784,5	9.423,3	
Queima de Combustíveis Fósseis	9.592,6	9.695,5	9.470,6	9.380,3	9.632,1	9.636,3	9.784,5	9.423,3	
Subsetor Energético	1.398,0	1.303,1	1.214,8	1.250,1	1.292,5	1.208,5	1.148,9	1.171,4	
Subsetor Industrial	758,1	749,5	735,6	792,2	837,7	815,1	858,4	852,4	
Indústria Siderúrgica	2,5	2,7	2,8	4,0	3,2	3,2	4,8	6,4	
Alimentos e Bebidas	182,3	185,7	170,6	172,0	178,1	175,8	179,7	179,3	
Outras Indústrias	573,3	561,1	562,2	616,2	656,4	636,1	673,9	666,7	
Subsetor Transporte	5.902,9	6.118,9	6.006,1	5.993,7	6.192,3	6.419,3	6.608,8	6.217,0	
Transporte Rodoviário	5.856,4	6.074,7	5.965,7	5.949,0	6.144,5	6.373,4	6.559,5	6.166,6	
Outros Transportes	46,5	44,2	40,4	44,7	47,8	45,9	49,3	50,4	
Subsetor Residencial	1.443,2	1.433,6	1.427,2	1.254,8	1.218,4	1.098,7	1.072,1	1.084,7	
Outros setores	90,4	90,4	86,9	89,5	91,2	94,7	96,3	97,8	

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Gg												
	0,0172	0,0154	0,0117	0,0092	0,0117	0,0115	0,0100	0,0104	0,0104	0,0099	0,0096	0,0064	0,0059
	0,0172	**0,0154**	**0,0117**	**0,0092**	**0,0117**	**0,0115**	**0,0100**	**0,0104**	**0,0104**	**0,0099**	**0,0096**	**0,0064**	**0,0059**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Gg												
	0,0101	0,0098	0,0103	0,0095	0,0122	0,0147	0,0170	0,0191	0,0216	0,0260	0,0260	0,0130	0,0000
	0,0047	0,0049	0,0050	0,0051	0,0053	0,0056	0,0060	0,0061	0,0063	0,0064	0,0081	0,0084	0,0087
	0,0148	**0,0147**	**0,0153**	**0,0146**	**0,0175**	**0,0203**	**0,0230**	**0,0252**	**0,0279**	**0,0324**	**0,0341**	**0,0214**	**0,0087**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Gg												
	9.166,2	8.745,5	8.181,0	7.825,7	8.176,5	8.110,5	8.270,6	8.194,7	7.841,1	7.815,7	7.893,6	7.212,9	7.695,9
	9.166,2	8.745,5	8.181,0	7.825,7	8.176,5	8.110,5	8.270,6	8.194,7	7.841,1	7.815,7	7.893,6	7.212,9	7.695,9
	1.065,1	1.098,9	1.104,3	1.083,3	1.148,5	1.347,4	1.498,8	1.528,1	1.536,2	1.653,3	1.778,4	1.418,0	1.617,9
	916,3	999,0	1.036,8	1.035,1	1.059,6	1.160,2	1.223,3	1.283,5	1.363,5	1.448,6	1.541,2	1.558,8	1.710,3
	6,2	7,1	8,2	7,3	8,7	9,8	11,0	11,4	11,5	12,2	12,3	9,5	11,4
	186,7	191,9	187,5	189,8	191,8	192,5	200,3	204,8	214,8	223,8	230,5	236,8	260,9
	723,4	800,0	841,1	838,0	859,1	957,9	1.012,0	1.067,3	1.137,2	1.212,6	1.298,4	1.312,5	1.438,0
	5.982,6	5.410,1	4.776,2	4.389,7	4.508,1	4.080,0	4.002,7	3.807,3	3.358,9	3.200,3	3.065,2	2.752,8	2.933,7
	5.928,4	5.358,1	4.724,6	4.339,0	4.460,7	4.035,0	3.955,1	3.761,8	3.315,5	3.153,5	3.014,6	2.701,5	2.875,0
	54,2	52,0	51,6	50,7	47,4	45,0	47,6	45,5	43,4	46,8	50,6	51,3	58,7
	1.107,6	1.142,1	1.172,3	1.221,8	1.361,6	1.418,9	1.439,1	1.468,4	1.472,8	1.397,7	1.382,2	1.361,6	1.306,7
	94,6	95,4	91,4	95,8	98,7	104,0	106,7	107,4	109,7	115,8	126,6	121,7	127,3

continua na próxima página

(CO continuação)

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Processos Industriais	900,8	810,4	759,8	819,5	834,3	778,0	714,8	707,5
Produção de Ferro-gusa e aço	775,0	669,2	628,1	686,2	708,4	656,2	577,6	603,4
Produção de Ferroligas	60,8	81,9	69,6	84,2	73,6	64,2	97,2	65,2
Produção de Não ferrosos	44,4	36,1	36,2	21,8	22,8	27,6	8,7	6,8
Outras produções	20,6	23,2	25,9	27,3	29,5	30,0	31,3	32,1
Agropecuária	3.627,6	3.590,2	3.696,5	3.289,4	3.908,1	4.045,8	3.968,2	3.957,5
Queima de algodão	128,4	114,8	80,0	31,9	16,8	0,0	0,0	0,0
Queima de cana-de-açúcar	3.499,2	3.475,4	3.616,5	3.257,5	3.891,3	4.045,8	3.968,2	3.957,5
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	18.429,4	17.390,4	20.397,4	21.446,1	21.286,6	48.855,6	35.319,7	29.864,8
TOTAL	**32.550,4**	**31.486,5**	**34.324,3**	**34.935,3**	**35.661,1**	**63.315,7**	**49.787,2**	**43.953,1**
Apenas para informação								
Bunker fuels	0,9	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	1,1	1,1
Transporte aéreo	0,9	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	1,1	1,1
Transporte marítimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NO_x

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Energia	1.639,8	1.705,7	1.743,9	1.800,7	1.870,0	1.977,5	2.098,4	2.155,0
Queima de Combustíveis Fósseis	1.639,8	1.705,7	1.743,9	1.800,7	1.870,0	1.977,5	2.098,4	2.155,0
Subsetor Energético	214,9	226,3	245,3	247,9	256,2	266,6	289,2	332,0
Subsetor Industrial	134,8	138,4	140,9	146,1	159,5	169,9	180,9	193,7
Indústria Siderúrgica	10,4	11,1	12,3	12,9	13,3	12,3	10,7	11,5
Outras Indústrias	124,4	127,3	128,6	133,2	146,2	157,6	170,2	182,2
Subsetor Transporte	1.138,8	1.184,9	1.198,9	1.236,6	1.274,2	1.352,6	1.435,5	1.429,5
Transporte Rodoviário	1.021,6	1.070,7	1.080,7	1.105,7	1.159,2	1.237,5	1.300,1	1.327,8
Outros Transportes	117,2	114,2	118,2	130,9	115,0	115,1	135,4	101,7

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
		Gg											
	653,4	724,7	790,5	723,4	764,0	886,8	1.037,9	1.022,4	997,3	1.037,7	1.027,7	665,8	809,6
	558,3	623,9	676,1	637,4	662,1	745,3	888,3	867,3	836,4	865,4	849,6	508,4	633,2
	54,9	60,9	72,5	44,7	56,6	90,2	94,8	96,7	97,6	104,5	106,7	82,5	96,7
	5,9	2,8	3,7	3,4	4,0	4,3	4,5	4,6	4,9	5,1	4,9	4,7	4,9
	34,3	37,1	38,2	37,9	41,3	47,0	50,3	53,8	58,4	62,7	66,5	70,2	74,8
	4.067,1	3.861,7	3.576,4	3.818,0	4.060,8	4.485,9	4.637,8	4.644,4	4.996,6	5.198,4	5.980,4	6.095,2	6.313,5
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	4.067,1	3.861,7	3.576,4	3.818,0	4.060,8	4.485,9	4.637,8	4.644,4	4.996,6	5.198,4	5.980,4	6.095,2	6.313,5
	34.894,5	34.821,8	35.879,9	35.881,7	40.075,6	65.971,8	69.818,3	55.810,0	45.459,9	41.737,2	43.552,8	21.977,9	20.231,4
	48.781,2	**48.153,7**	**48.427,8**	**48.248,8**	**53.076,9**	**79.455,0**	**83.764,6**	**69.671,5**	**59.294,9**	**55.789,0**	**58.454,5**	**35.951,8**	**35.050,4**
	1,3	1,1	0,9	1,1	0,9	0,8	1,1	1,2	1,0	0,9	1,2	1,0	1,1
	1,3	1,1	0,9	1,1	0,9	0,8	1,1	1,2	1,0	0,9	1,2	1,0	1,1
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
		Gg											
	2.235,5	2.296,3	2.273,3	2.300,7	2.285,2	2.249,1	2.345,6	2.346,4	2.334,3	2.423,6	2.555,9	2.439,0	2.567,1
	2.235,5	2.296,3	2.273,3	2.300,7	2.285,2	2.249,1	2.345,6	2.346,4	2.334,3	2.423,6	2.555,9	2.439,0	2.567,1
	341,0	388,5	395,0	416,3	382,1	415,2	449,8	479,8	491,0	501,9	584,0	557,4	577,5
	201,5	218,0	222,7	223,2	227,2	229,5	236,3	242,9	255,5	278,2	271,6	270,7	286,6
	10,4	10,4	11,1	10,5	10,8	10,6	10,6	12,1	11,8	11,9	11,4	9,8	12,0
	191,1	207,6	211,6	212,7	216,4	218,9	225,7	230,8	243,7	266,3	260,2	260,9	274,6
	1.497,5	1.485,5	1.457,4	1.447,9	1.462,4	1.391,5	1.447,4	1.414,0	1.375,5	1.420,6	1.456,5	1.373,8	1.459,7
	1.387,7	1.373,2	1.355,3	1.334,7	1.348,2	1.279,6	1.323,4	1.287,4	1.252,3	1.274,8	1.298,9	1.222,4	1.290,6
	109,8	112,3	102,1	113,2	114,2	111,9	124,0	126,6	123,2	145,8	157,6	151,4	169,1

continua na próxima página

(NO_x continuação)

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Subsetor Residencial	29,2	29,3	29,6	27,8	27,4	26,3	26,5	26,8
Outros setores	122,1	126,8	129,2	142,3	152,7	162,1	166,3	173,0
Processos Industriais	42,1	42,5	41,8	48,9	52,9	53,2	59,4	66,5
Produção de metais	36,0	35,8	34,3	40,9	44,3	44,5	50,4	57,3
Outras produções	6,1	6,7	7,5	8,0	8,6	8,7	9,0	9,2
Agropecuária	98,6	97,5	100,5	89,4	106,2	109,9	107,8	107,5
Queima de algodão	3,5	3,1	2,2	0,9	0,5	0,0	0,0	0,0
Queima de cana-de-açúcar	95,1	94,4	98,3	88,5	105,7	109,9	107,8	107,5
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	526,7	531,9	582,2	597,6	593,1	1.196,0	979,2	898,9
TOTAL	**2.307,2**	**2.377,6**	**2.468,4**	**2.536,6**	**2.622,2**	**3.336,6**	**3.244,8**	**3.227,9**
Apenas para informação								
Bunker fuels	1,6	1,4	1,5	1,8	1,7	2,1	2,5	2,7
Transporte aéreo	1,3	0,9	1,0	1,1	1,0	1,3	1,6	1,7
Transporte marítimo	0,3	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0

NMVOC

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Energia	1.167,5	1.149,7	1.113,8	1.102,1	1.120,9	1.104,8	1.091,9	1.056,4
Queima de Combustíveis Fósseis	1.167,5	1.149,7	1.113,8	1.102,1	1.120,9	1.104,8	1.091,9	1.056,4
Subsetor Energético	337,4	299,6	276,0	289,1	293,9	271,6	243,8	238,0
Subsetor Industrial	31,2	30,8	29,7	29,8	31,7	31,2	30,5	30,2
Indústria Siderúrgica	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3
Alimentos e Bebidas	9,2	9,4	8,9	8,9	9,4	9,2	9,4	9,4
Outras Indústrias	20,9	20,2	19,6	19,6	21,0	20,7	19,9	19,5
Subsetor Transporte	541,5	563,7	555,5	555,9	572,9	596,2	615,5	583,8

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
		Gg											
	27,2	27,9	28,5	29,2	30,6	30,6	31,1	31,3	31,3	30,8	31,0	30,9	30,6
	168,3	176,4	169,7	184,1	182,9	182,3	181,0	178,4	181,0	192,1	212,8	206,2	212,7
	75,3	86,3	94,9	91,8	102,4	117,0	125,0	125,2	125,3	134,7	136,9	113,5	100,8
	65,5	75,7	84,0	81,0	90,7	103,8	110,9	110,1	109,0	117,3	118,3	93,9	80,1
	9,8	10,6	10,9	10,8	11,7	13,2	14,1	15,1	16,3	17,4	18,6	19,6	20,7
	110,5	104,9	97,2	103,8	110,3	121,9	126,0	126,2	135,8	141,3	162,5	165,6	171,6
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	110,5	104,9	97,2	103,8	110,3	121,9	126,0	126,2	135,8	141,3	162,5	165,6	171,6
	978,8	978,6	993,8	994,7	1.060,5	1.631,8	1.692,9	1.470,3	1.304,5	1.243,5	1.273,8	659,0	589,9
	3.400,1	**3.466,1**	**3.459,2**	**3.491,0**	**3.558,4**	**4.119,8**	**4.289,5**	**4.068,1**	**3.899,9**	**3.943,1**	**4.129,1**	**3.377,1**	**3.429,4**
	3,0	3,3	3,2	3,6	3,6	3,2	3,3	3,4	3,5	3,8	4,6	3,7	4,3
	1,9	1,6	1,4	1,6	1,3	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,7	1,6	1,8
	1,1	1,7	1,8	2,0	2,3	2,0	2,0	2,0	2,1	2,3	2,9	2,1	2,5

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
		Gg											
	1.031,0	1.014,6	987,4	955,3	1.003,1	1.025,3	1.072,8	1.061,5	1.020,9	1.017,4	1.019,5	864,4	900,5
	1.031,0	1.014,6	987,4	955,3	1.003,1	1.025,3	1.072,8	1.061,5	1.020,9	1.017,4	1.019,5	864,4	900,5
	216,7	232,7	249,5	234,2	245,1	287,6	330,8	328,9	322,9	332,9	337,7	228,3	251,6
	33,6	38,8	41,7	43,5	42,9	44,8	46,1	48,6	52,5	56,9	59,7	58,9	67,3
	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,6
	9,9	10,2	9,7	10,0	10,3	10,4	10,9	11,1	11,9	12,6	12,8	13,2	14,5
	22,4	27,4	30,8	32,3	31,4	33,0	33,8	36,1	39,2	42,9	45,5	44,4	51,2
	574,2	531,3	481,5	454,1	469,0	435,7	434,1	417,4	377,2	368,0	360,6	321,1	331,3

continua na próxima página

(NMVOC continuação)

SETOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
Transporte Rodoviário	534,9	557,2	549,0	548,8	566,7	589,9	608,6	578,1	
Outros Transportes	6,6	6,5	6,5	7,1	6,2	6,3	6,9	5,7	
Subsetor Residencial	216,5	215,1	214,1	188,3	182,8	164,9	160,9	162,8	
Outros setores	40,9	40,5	38,5	39,0	39,6	40,9	41,2	41,6	
Processos Industriais	345,0	340,9	347,7	369,4	370,8	426,2	437,4	457,0	
Indústria química	26,6	24,8	24,7	27,8	30,6	31,4	31,4	33,7	
Produção de Metais	24,3	22,5	21,2	22,9	23,4	22,0	20,7	20,6	
Papel e celulose	13,3	14,9	16,7	17,5	19,0	19,2	20,2	20,8	
Produção de alimentos	110,5	115,1	128,2	137,5	140,9	179,7	188,2	202,0	
Produção de bebidas	170,3	163,6	156,9	163,7	156,9	173,9	176,9	179,9	
Uso de Solventes	2.338,9	2.138,8	2.057,7	2.115,7	2.299,1	2.286,9	2.516,8	2.633,9	
TOTAL	**3.851,4**	**3.629,4**	**3.519,2**	**3.587,2**	**3.790,8**	**3.817,9**	**4.046,1**	**4.147,3**	
Apenas para informação									
Bunker fuels	2,9	4,4	4,7	5,9	6,8	7,3	7,8	8,3	
Transporte aéreo	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	
Transporte marítimo	2,7	4,2	4,5	5,7	6,6	7,1	7,5	8,0	

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
		Gg											
	567,9	525,0	475,3	447,4	462,3	429,0	426,8	410,4	370,4	360,6	352,6	313,4	322,0
	6,3	6,3	6,2	6,7	6,7	6,7	7,3	7,0	6,8	7,4	8,0	7,7	9,3
	166,2	171,4	175,9	183,3	204,3	212,9	215,9	220,3	221,0	209,7	207,4	204,3	196,1
	40,3	40,4	38,8	40,2	41,8	44,3	45,9	46,3	47,3	49,9	54,1	51,8	54,2
	463,4	507,2	532,8	501,8	542,1	590,5	629,5	616,6	745,8	695,3	724,2	717,9	736,8
	35,0	37,5	43,0	40,7	42,3	45,3	49,1	49,1	53,9	56,3	56,6	59,5	61,2
	19,4	21,1	23,3	21,5	22,8	25,8	29,8	29,1	28,1	29,5	29,1	18,9	23,0
	22,0	23,9	24,6	24,5	26,6	30,4	32,3	34,8	37,7	40,5	43,0	45,5	48,5
	204,0	238,8	252,8	223,1	255,5	291,3	317,4	338,8	331,0	374,8	386,6	386,8	407,2
	183,0	185,9	189,1	192,0	194,9	197,7	200,9	164,8	295,1	194,2	208,9	207,2	196,9
	2.879,5	2.976,0	3.154,0	2.899,6	2.958,8	2.657,0	3.032,2	2.982,2	3.722,6	2.475,0	4.135,7	4.317,4	4.749,9
	4.373,9	**4.497,8**	**4.674,2**	**4.356,7**	**4.504,0**	**4.272,8**	**4.734,5**	**4.660,3**	**5.489,3**	**4.187,7**	**5.879,4**	**5.899,7**	**6.387,2**
	9,1	14,4	14,9	17,0	19,2	16,9	16,9	16,9	17,9	19,2	24,2	17,1	21,4
	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	8,8	14,1	14,7	16,7	19,0	16,7	16,7	16,7	17,7	19,0	24,0	16,9	21,2





Empoderando vidas.
Fortalecendo nações.

GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY
INVESTING IN OUR PLANET

Ministério das
Relações Exteriores

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

Ministério da
Ciência, Tecnologia e Inovação

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

ISBN 978-85-88063-19-8

FSC
www.fsc.org
MISTO
Papel produzido a partir de fontes responsáveis
FSC® C107317